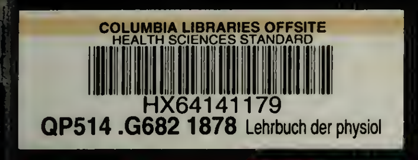
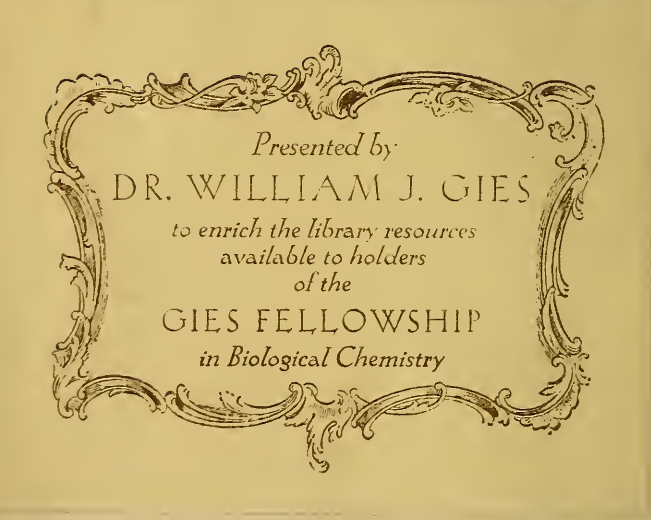



Presented by
DR. WILLIAM J. GIES
to enrich the library resources
available to holders
of the
GIES FELLOWSHIP
in Biological Chemistry









LEHRBUCH

DER

PHYSIOLOGISCHEN CHEMIE.

VON

DR. E. F. v. GORUP-BESANEZ,
ordentlicher Professor der Chemie an der Universität zu Erlangen.

VIERTE,
VOLLSTÄNDIG UMGEARBEITETE UND VERBESSERTE
AUFLAGE.

MIT EINER SPECTRALTAFEL IM TEXTE UND DREI TAFELN IN
HOLZSTICH, DEN MÜNCHENER RESPIRATIONS-APPARAT
DARSTELLEND.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1878.

VORWORT.

Die Gesichtspunkte, welche mich bei der Bearbeitung des dem Publicum nun vorliegenden dritten und letzten Bandes meines Lehrbuchs der Chemie geleitet haben, in Kürze darzulegen, ist mir um so mehr Bedürfniss, als sich damit, wie ich wenigstens hoffe, die von jener der beiden ersten Bände so sehr verschiedene Behandlung des Gegenstandes rechtfertigen wird.

In einem Lehrbuche der allgemeinen anorganischen und organischen Chemie, welches für Anfänger bestimmt ist, erscheint eine elementare und dogmatische Behandlung entschieden am Platze, und sie bietet hier auch keine besonderen Schwierigkeiten dar, denn in beiden Doctrinen ist das System zu einem gewissen Abschluss gelangt, und das Thatsächliche mit hinreichender Sicherheit festgestellt. Anders aber verhält es sich mit der physiologischen Chemie. Die physiologische Chemie ist eine angewandte und keine elementare Doctrin, denn ihre Aufgabe ist es, gewisse Lebensvorgänge, die auf Mischungsänderungen der Materie beruhen, aus chemischen Gesetzen zu erklären, sie setzt somit die Kenntniss jener Lebensvorgänge und die Kenntniss der chemischen Gesetze, mit anderen Worten, sie setzt Physiologie und theoretische Chemie voraus. Kann nach dem Erörterten von einer elementaren Behandlung hier nicht die Rede sein, so ist eine dogmatische leider auch nicht möglich. Wer sich auf dem Gebiete der physiologischen Chemie nur einigermaassen umgesehen hat, wird sicherlich darin mit mir einverstanden sein, dass eine dogmatische Behandlung niemals ein Spiegelbild des gegenwärtigen Standpunktes dieser Doctrin, sondern höchstens ein subjectiv gefärbtes Phantasiegemälde liefern

könnte. Darin liegt eben die Gefahr der dogmatischen Behandlung, dass der Leser das in präciser und bestimmter Form Ausgedrückte als ein- für allemal festgestellt und der Controverse entrückt betrachtet; wie viele Fragen aber sind es auf dem Gebiete der physiologischen Chemie, die als definitiv erledigt zu betrachten wären? Ihre Zahl ist verschwindend klein gegen diejenigen, worüber noch immer die grössten Meinungsverschiedenheiten bestehen. Handelte es sich nur um verschiedene Deutung constatirter Thatsachen, dann könnte man hoffen, bald zu einer Einigung zu gelangen. Leider aber handelt es sich um die Thatsachen selbst. In vielen Fragen stehen sich nicht Deutungen, sondern geradezu contradictorische Beobachtungen gegenüber, ohne dass es immer möglich wäre, nach den Regeln der Kritik die eine derselben als die richtige zu erkennen, oder durch das Experiment selbst mit Erfolg zu controliren, denn es ist selten thunlich, dieselben Bedingungen willkürlich herzustellen, unter denen die zu controlirende Beobachtung gemacht wurde. Nur Derjenige, welcher das weite Gebiet der physiologischen Chemie mit ihrer überall zerstreuten Literatur zu durchstreifen Gelegenheit und Veranlassung hatte, weiss, wie viele Aehnlichkeit eine derartige Wanderung mit jener eines Reisenden darbietet, der nicht wohlgebahnte Wege und bequeme Reisegelegenheit vorfindet, sondern sich seinen Weg durch dichtes Gestrüpp nicht selten mit dem Beil erst bahnen, und in der einzuschlagenden Richtung sich auf Compass und etwa vorhandene cartographische Skizzen verlassen muss.

Bei einem derartigen Sachverhalte bleibt nur die historische Behandlung übrig und zwar nicht allein in der Form, sondern auch in dem eigentlichen Wesen. Sowie in dunklen Parthieen der Geschichte nur die inductive Methode und die darauf basirende Kritik zur Leuchte dienen kann, die das Dunkel zu erhellen geeigenschaftet ist, so auch in der physiologischen Chemie. Hier aber liegt in der historischen Methode eine Gefahr, deren ich mir wohl bewusst war, nämlich die, aus dem Tone eines Lehrbuchs in den eines Handbuchs zu verfallen, und will man, wie ich das bestrebt war, dieser Gefahr aus dem Wege gehen, so kann es leicht geschehen, dass man in eine andere verfällt, nämlich in die, der Darstellung zu sehr das Gepräge seines subjectiven Standpunktes aufzudrücken. Es kommt mir nicht zu, zu beurtheilen, ob es mir gelungen ist, zwischen diesen beiden Klippen glücklich hindurch zu steuern, und ich will

auch gern zufrieden sein, wenn sachverständige, wohlwollende Richter finden sollten, dass ich meine Subjectivität nicht mehr in den Vordergrund gestellt habe, als es bei dem Historiker zulässig und gewöhnlich ist.

So viel über die Methode. Was die Art der Bearbeitung selbst anbetrifft, so suchte ich dabei den eigentlichen Zweck des Buches nicht aus dem Auge zu verlieren. Meine Absicht war nämlich, dem Physiologen, dem wissenschaftlich durchgebildeten Arzte, und endlich dem in seinen Studien vorgeschrittenen Studirenden der Medicin ein Buch in die Hand zu geben, welches in gedrängter Form zwar, zugleich aber in möglichster Vollständigkeit und Uebersichtlichkeit alles Das enthielte, was von Thatsachen und Theorien für die Deutung der stofflichen, auf Mischungsänderungen beruhenden Lebensvorgänge von irgend welcher Bedeutung ist. Der Sachlage nach musste dabei die Thierchemie ganz entschieden in den Vordergrund treten, allein es durfte nach meiner Ueberzeugung die Pflanzenchemie nicht völlig ausgeschlossen werden. Vielmehr habe ich dem innigen Zusammenhange entsprechend, welchen die Entwickelung der Pflanzen und Thiere darbietet, die Metamorphosen des Stoffs von dem Momente an, wo er organisch geworden, bis zu jenem, wo er wieder anorganisch wird, sonach die Gesetze des allgemeinen Kreislaufs des Stoffs, von der Pflanzenernährung beginnend in den Kreis der Betrachtung gezogen, denn diese Gesetze scheinen mir nothwendige Prämissen auch der physiologischen Thierchemie zu sein.

Diese Gesetze habe ich im ersten Abschnitte unter der Ueberschrift: Allgemeine chemische Biostatik zu entwickeln versucht. Soweit sie sich auf den Chemismus des thierischen Lebens beziehen, enthalten sie die allgemeinen Grundlinien dessen, was in den folgenden Abschnitten im Detail ausgeführt ist; ihr Verständniss aber verlangt nicht mehr Kenntnisse, als in der allgemeinen anorganischen und organischen Chemie, die ja beide vorausgesetzt werden, geboten sind. Dies, sowie die Regel, das Allgemeine dem Besonderen vorangehen zu lassen, mag es rechtfertigen, dass ich diesen Abschnitt voranstellte, obgleich nicht geleugnet werden soll, dass auch für eine entgegengesetzte Anordnung sich Gründe geltend machen liessen.

In dem zweiten Abschnitte habe ich das niedergelegt, was über die physiologischen Beziehungen der chemischen Bestandtheile des

Thierkörpers bekannt ist. Hätte ich mich hier darauf beschränkt, nur das mitzutheilen, was definitiv festgestellt ist, so wäre dieser Abschnitt mager genug ausgefallen, allein dies würde dem ausgesprochenen Zwecke eines derartigen Buches wenig gemäss sein. Dieser verlangt vielmehr, dass der Leser von dem gegenwärtigen Stande der Discussion über die hier so zahlreichen streitigen Fragen in Kenntniss und dadurch in den Stand gesetzt wird, sich darüber ein eigenes Urtheil zu bilden. Deshalb mussten auch alle auf nicht zu luftiger Grundlage fussenden Hypothesen und Theorieen berücksichtigt werden, die, wenn sie dem thatsächlichen Verhältnisse auch nicht immer entsprechen, den unleugbaren Nutzen gewähren, zu weiteren Forschungen anzuregen. Ausser den physiologischen Beziehungen des Vorkommens, der Abstammung, der Metamorphosen und des Austritts aus dem Organismus und der Bedeutung für die thierische Function, habe ich auch eine kurze chemische Charakteristik der einzelnen chemischen Verbindungen in diesen Abschnitt aufgenommen; es geschah dies vorzugsweise im Hinblick auf die ärztlichen Leser, denen eine derartige Recapitulation des allerdings in das Gebiet der theoretischen und analytischen Chemie Gehörenden nicht unwillkommen sein dürfte.

In der Bearbeitung des dritten Abschnittes, die Chemie der thierischen Flüssigkeiten, Gewebe und Organe enthaltend, habe ich mich bemüht, das zu geben, was man nach der Ueberschrift dieses Abschnittes zu erwarten berechtigt war, nämlich eine Darstellung der chemischen Thatsachen. Alles rein Physiologische und Histologische wurde grundsätzlich vermieden oder nur angedeutet, dagegen den pathologisch-chemischen Beziehungen thunlichst Berücksichtigung geschenkt. Bei den quantitativen Verhältnissen liess ich wo möglich die Zahl selbst sprechen, und suchte dieselben überhaupt möglichst übersichtlich zu entwickeln; dass ich in diesem Abschnitte auch die bewährteren Aschenanalysen aufgenommen habe, wird, wie ich hoffe, um so eher Billigung finden, als diese nur dem in der chemischen Literatur gut Bewanderten bisher zugänglicher waren, und es dadurch dem Arzte und Physiologen geradezu verwehrt war, über diese in physiologischer Beziehung vielfach wichtigen Thatsachen einen raschen Ueberblick zu gewinnen.

Ausser dem allgemeinen chemischen Verhalten wurden auch die analytischen Methoden wenigstens in den allgemeinsten Grundzügen aufgenommen. Eine Anleitung zur zoochemischen Analyse

soll dieser Abschnitt nicht ersetzen, wohl aber soll das davon Aufgenommene dazu dienen, von den analytischen Methoden eine allgemeine Anschauung zu geben. Ausführlicher wurden dieselben nur beim Harn beschrieben, wegen der besonderen Wichtigkeit und vielfachen Anwendung derselben in der Physiologie und Pathologie. Auch den vergleichend-chemischen Thatsachen bezüglich der niederen Thierclassen wurde in diesem Abschnitte eine wenngleich untergeordnete Stelle eingeräumt.

Die Lehre von denjenigen thierischen Functionen, die auf Affinitätsgesetze mehr oder weniger zurückgeführt werden können, ist im vierten und letzten Abschnitte enthalten. Hier war es, um nicht in die reine Physiologie zu gerathen, ganz besonders nöthig, sich auf die wirklich chemischen Beziehungen zu beschränken. Dass auch die chemische Charakteristik der wichtigeren thierischen und pflanzlichen Nahrungsmittel in diesem und theilweise in dem vorhergehenden Abschnitte berücksichtigt, demnach auf das Gebiet der physiologischen Diätetik ein Streifzug unternommen wurde, wird mir, wie ich hoffe, namentlich bei den Aerzten, nicht zum Vorwurfe gereichen. Das Capitel von der Ernährung, welches leicht das umfangreichste hätte werden können, ist deshalb so kurz ausgefallen, weil bei dem schwankenden Stande unserer gegenwärtigen Anschauungen über den Werth der bisher angestellten statistisch-physiologischen Beobachtungen und bei der wohl so ziemlich allgemeinen Ueberzeugung, dass der Tag noch nicht gekommen ist, wo wir eine Stoffwechselgleichung aufstellen können, eine Darstellung der bisherigen nach dieser Richtung unternommenen Untersuchungen in einem Lehrbuche nur verwirrend wirken würde, und jedenfalls kaum am Platze wäre.

Vollständige Literaturangaben lagen nicht im Plane dieses Werkes. Doch habe ich bei den wichtigeren und namentlich den controversen Capiteln und Fragen die betreffende Literatur für Diejenigen zusammengestellt, die auf diesem Gebiete besondere Studien machen oder sich überhaupt näher unterrichten wollen; theilweise dienen diese Angaben auch dazu, um auf die Quellen zu verweisen, aus denen ich selbst geschöpft habe.

Endlich muss ich noch einen Punkt berühren, der der Kritik möglicherweise eine Handhabe zum Tadel darbieten könnte. Es ist in der letzten Zeit so sehr Mode geworden, die mikroskopischen Krystallformen der in physiologischer oder pathologischer Beziehung

wichtigeren chemischen Verbindungen durch Abbildungen zu veranschaulichen, dass es mir zum Vorwurf gemacht werden könnte, dass ich nicht desgleichen gethan habe. Ich hatte aber dazu meine guten Gründe. Ohne den Nutzen derartiger Abbildungen im Allgemeinen irgendwie bestreiten zu wollen, glaube ich doch, und die physiologisch-pathologisch-chemische Literatur der neueren Zeit giebt dafür mehrfache Belege, dass sie schon vielfaches Unheil angerichtet haben. Je länger ich mich auf dem Terrain der zoochemischen Analyse bewege, und es steht mir in dieser Beziehung eine Erfahrung von nahezu zwei Jahrzehnten zu Gebote, desto mehr überzeuge ich mich, wie viel Bedenkliches die mikroskopische Diagnose chemischer Verbindungen hat. Anorganische Verbindungen zeigen häufig in ihren mikroskopischen Krystallformen mit denen organischer wie jener des salpetersauren und oxalsauren Harnstoffs, des Leucins und Tyrosins, des Allantoins, Kreatins, der Hippursäure und anderer, so ausserordentliche Uebereinstimmung, dass nur grosse Uebung und Skepsis vor groben Täuschungen einigermaassen schützen kann. Es wäre unschwer, aus der neuesten Literatur für diese Ueberzeugung mehrfache specielle Belege zu liefern. Andererseits aber bin ich der Meinung, dass es gerathener ist, auf bereits vorhandenes Treffliches zu verweisen, wenn man nicht in der Lage ist, noch Vorzüglicheres zu leisten. In diesem Falle glaube ich mich aber gegenüber den trefflichen Atlassen von Funke und Robin u. Verdeil zu befinden, und ich habe daher, so wie ich es bereits in meiner Anleitung zur zoochemischen Analyse that, auch in diesem Werke überall auf die Abbildungen der genannten Atlasse besonders verwiesen. Vielleicht dass demnächst die angebahnte Verallgemeinerung des photographischen Verfahrens mit seiner sich täglich vervollkommnenden und vereinfachenden Technik es möglich machen wird, auch hier noch Vollkommeneres zu leisten.

Erlangen, im November 1861.

Der Verfasser.

VORWORT ZUR VIERTEN AUFLAGE.

Bei der Neubearbeitung der nun vorliegenden vierten Auflage ging mein Streben vor Allem dahin, den in den letzten Jahren sehr erheblichen Zuwachs neuer Thatsachen so einzufügen, dass dadurch die dem Buche räumlich gesteckten Grenzen nicht überschritten würden. Weiterhin hielt ich an dem Grundsatze fest, die Literatur möglichst vollständig zu bringen und dieselbe auch noch während des Druckes zu benützen, alle sogenannten „vorläufigen Mittheilungen“ dagegen principiell auszuschliessen. Ist man ja ohnedem schon häufig genug genöthigt, mit voller Bestimmtheit gemachte Angaben nach wenigen Jahren schon als unrichtig und widerlegt zu bezeichnen.

Durch die Bereitwilligkeit, mit welcher eine grosse Anzahl von Autoren meiner Bitte, mir ihre Arbeiten in Extraabdrücken einzusenden, nachkam, wurde mir meine Aufgabe wesentlich erleichtert, gleichwohl aber gebe ich mich keineswegs der Illusion hin, als sei mir nichts Erhebliches entgangen. Die von Jahr zu Jahr zunehmende Zersplitterung und Differenzirung der medicinischen Journalistik erschwert die vollkommene Uebersicht in hohem Grade, und welches medicinische Fachjournal wäre es, in welchem nicht auch hie und da physiologisch-chemische Arbeiten niedergelegt würden? Bei so erschwerenden Umständen glaube ich wohl auf einige Nachsicht rechnen zu dürfen.

Als eine Vielen hoffentlich nicht unwillkommene Zugabe darf ich wohl ein alphabetisches Autorenregister bezeichnen.

Erlangen, im März 1878.

Der Verfasser.



INHALTSVERZEICHNISS.

Zweite Gruppe.

Dritte Gruppe.

Dritter Abschnitt.

Vierter Abschnitt.

EINLEITUNG.

Der richtige Weg zur Erkenntniss der Erscheinungen des pflanzlichen und thierischen Lebens ist im Principe kein anderer wie derjenige, den der Naturforscher einschlägt, um in den Zusammenhang und das Wesen der Objecte der unbelebten Natur einzudringen: es ist der Weg exacter, nach den allgemeinen Regeln der Kritik angestellter Beobachtung; ja nicht selten ist dieser Weg nicht nur ein im Principe, sondern auch in seiner Besonderheit übereinstimmender.

Methode der Forschung.

Es giebt nur eine Erkenntnissquelle der Materie: die genaue Erforschung aller ihrer Zustände. Die Eigenschaften der Materie beziehen sich aber einerseits auf ihre äussere Form, und andererseits auf ihre Wechselbeziehungen zu anderen Körpern, auf ihre durch äussere Einwirkungen gesetzten Veränderungen. Die Veränderungen aber, welche die Naturkörper bei ihren wechselseitigen Einwirkungen erleiden, fallen entweder in das Gebiet der Physik oder in jenes der Chemie.

Die im Thier- oder Pflanzenleibe organisirte Materie hört deshalb, weil sie organisirt ist, nicht auf, Materie zu sein; sie muss daher den allgemeinen Gesetzen der Materie folgen, und da die Lebenserscheinungen eine stoffliche Grundlage haben, so müssen unter ihren Factoren nothwendigerweise immer auch materielle sein.

Wenn es gewiss ist, dass die Methode, deren wir uns bei dem Studium der Objecte der unbelebten Natur bedienen, sich geeignet erweist, viele Lebenserscheinungen in genügender Weise zu deuten, so ist es andererseits nicht minder sicher, dass sie für bestimmte Lebensphänomene Modificationen erleiden muss. Vor Allem sind es die eigen-

thümlichen Formen der organisirten Materie: ihr Bau, ihre Entwickelung, die in der unbelebten Natur kein Analogon haben und ihrer Eigenartigkeit wegen auch eine eigenartige Untersuchungsmethode beanspruchen.

Die Anatomie und Histiologie (Morphologie) sind es, die uns den Bau und die Entwickelung der organisirten Materie kennen lehren: Doctrinen, die für sich bestehen, und sich selbstständig entwickelt haben. Aber noch eine andere Methode giebt es, die der Physiologie eigenthümlich ist: das physiologische Experiment. Es dient dazu, die Bedeutung einzelner Theile des Organismus für das Ganze zu ermitteln, theils durch die Feststellung ihres Verhaltens gegen bestimmte Reize und Einwirkungen, theils aus der Wirkung, welche ihre Entfernung, ihre Verletzung, oder ihre pathologische Veränderung auf den Gesammtorganismus, oder auf bestimmte Organe desselben ausübt.

Gründe für die Berechtigung der Physik und Chemie als Hülfswissenschaften der Physiologie.

Hat daher das Studium der Lebensvorgänge mit Bezug auf die Methode seine eigenthümliche Seiten, so bieten dieselben andererseits eine Fülle von Erscheinungen dar, die sich auf physikalische und chemische Gesetze zurückführen lassen. Um die Berechtigung der Physik als Hülfswissenschaft der Physiologie zu beweisen, genügt es, darauf hinzudeuten, dass die Gesetze des Schalls und des Sehens: die Akustik und Optik, ebenso gut der Physiologie wie der Physik angehören, und geradezu in die Physik im engeren Sinne übergegangen sind. Die Gesetze der Mechanik finden auf die Locomotion, auf die Muskelwirkungen des Thieres, jene der Hydro- und Aerostatik und Dynamik auf den Process der Respiration und der Circulation ihre Anwendung, die Erscheinungen der Osmose im Thierkörper, des Gasaustausches in den Lungen und dem Blute sind auf physikalische Diffusionsgesetze zum Theil schon zurückgeführt, die Gesetzmässigkeiten endlich in dem elektrischen und physiologischen Verhalten der Nerven, welche bis nun ermittelt sind, enthalten bereits die Elemente einer Nervenphysik. Ebenso wäre es vergeblich, heute noch leugnen zu wollen, dass die stofflichen Metamorphosen, die das Leben kennzeichnen: die Mischungsveränderungen und Umsetzungen der organischen Materie, den Gesetzen jener Molekularkräfte unterthan sind, die wir mit dem Namen: chemische Affinität zu bezeichnen pflegen. Doch erscheint es zweckmässig, die allgemeinen Thatsachen anzuführen, die der Berechtigung der Chemie als Hülfswissenschaft der Physiologie zu Grunde liegen.

Thatsachen, welche für das Walten chemischer Kräfte in pflanzlichen und thierischen Organismen sprechen.

Es ist Thatsache, dass wir aus Thieren und Pflanzen zahlreiche wohlcharakterisirte organische Verbindungen isoliren können, die in den verschiedenen Organen bereits fertig gebildet und durch den Lebensprocess erzeugt sind. Manche davon scheiden sich zuweilen schon von selbst im Organismus aus (Harnsäure, Cholesterin, Calciumoxalat u. a. m.), andere werden durch blosses Abdampfen der betreffenden Flüssigkeiten, oder durch Operationen isolirt, die jeden Einwand an die Bildung dieser Verbindungen durch die Einwirkung der angewandten Scheidungsmittel

von vornherein beseitigen, oder eine solche mindestens im hohen Grade unwahrscheinlich erscheinen lassen.

Ist es einerseits constatirt, dass der Organismus chemische Verbindungen zu bilden fähig ist, so erscheint es andererseits von nicht geringerer Bedeutung, dass wir zahlreiche durch den Lebensprocess von Pflanzen und Thieren erzeugte organische Verbindungen auch künstlich in unseren Laboratorien darstellen können, so dass also der Einwand: die organischen Verbindungen des Thierleibes und der Pflanze würden durch Kräfte *sui generis* erzeugt, bedeutungslos erscheint. Seit es gelungen, den Harnstoff künstlich darzustellen, haben wir eine grosse Anzahl anderer im Thierkörper vorkommender organischer Verbindungen künstlich dargestellt. Noch zahlreicher sind die Beispiele im Pflanzenreiche vorkommender und künstlich darstellbarer Verbindungen. Allein es würde den in den Stand der Sache Uneingeweihten irreführen heissen, wollten wir verschweigen, dass es der Chemie noch keineswegs gelungen ist, eine Classe organischer Verbindungen, die wir organoplastische oder histiogene nennen wollen: wirklich organisirte oder der Organisirung fähige Stoffe, künstlich darzustellen. Auch berechtigen uns keine aus der bisherigen Entwickelung der Chemie geschöpfte Gründe zu der Hoffnung, dass es uns so bald gelingen werde, eine Pflanzenzelle, eine Muskelfaser, einen Nerv, mit einem Worte wirklich Organisirtes auf chemischem Wege künstlich darzustellen. Das letztere Problem ist, wie Berthelot[1]) mit Recht hervorhebt, der Chemie ebenso fremd, wie die Bildung von Gesteinen und Gebirgsschichten.

Die Molekularkräfte, welche zur Bildung derartiger Stoffe Veranlassung geben, wirken allen unseren Erfahrungen zu Folge nur im lebendigen Leibe, und sind diesem eigenthümlich. Die Lösung dieses Problems ist Sache der Physiologie. Wenn demnach kein mit dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft einigermaassen Vertrauter im Ernste leugnen wird, dass bei der Bildung der organischen Verbindungen chemische Kräfte thätig sind, so ist es nicht minder wahr, dass zur Erklärung der Bildung organisirter Stoffe die Affinitätsgesetze nicht ausreichen, oder dass dieselben jedenfalls durch ein uns unbekanntes im lebendigen Leibe Thätiges in einer Weise modificirt werden, die ihren gesetzten Producten den Stempel der Eigenthümlichkeit aufdrückt. In der Physiologie ist daher zwischen chemischen organischen Verbindungen, und zwischen organisirter mit sogenannten vitalen Eigenschaften begabter Materie zu unterscheiden.

In vielen Fällen lässt sich nachweisen, dass die Umsetzungen, welche die im Organismus vorkommenden organischen Verbindungen in Folge des Lebensprocesses erleiden, denen analog sind, welche dieselben Verbindungen ausserhalb des Organismus in unseren Laboratorien durch die Einwirkung chemischer Agentien erfahren. So geht die Harnsäure im

---

[1]) Berthelot, Die chemische Synthese. Leipzig 1877. S. 12.

Organismus in Allantoin, in Oxalsäure und in Harnstoff über, und in dieselben Producte können wir diese Verbindung auch in unseren Laboratorien auf mannigfache Weise überführen. Wenn wir an den Hauptherden des Stoffwechsels, da, wo nach allen physiologischen Prämissen ein energischer Umsatz der Eiweisskörper stattfindet, vorzugsweise zwei Verbindungen begegnen: dem Leucin und Tyrosin, die wir auch ausserhalb des Organismus stets als Zersetzungsproducte der Eiweisskörper ebensowohl durch Säuren und Alkalien wie durch Fäulniss erhalten, so erscheint der Schluss, dass sie auch im Organismus durch Zersetzung dieser Körper gebildet werden, gewiss nicht ungerechtfertigt.

Ebenso sind die Umsetzungen, welche dem Organismus von aussen zugeführte Stoffe in selbem erleiden, häufig mit jenen übereinstimmend, die durch Einwirkung chemischer Agentien in unseren Laboratorien veranlasst werden. So verwandelt sich das Stärkemehl dem thierischen Organismus einverleibt in Traubenzucker, dieser unter gewissen Bedingungen in Milchsäure und Buttersäure; wir können aber auch in unseren Laboratorien das Stärkemehl in Traubenzucker, und den Traubenzucker in Milchsäure und Buttersäure verwandeln. Die Alkalisalze organischer Säuren gehen unter gewissen Umständen im Organismus in kohlensaure Salze über, dieselbe Veränderung aber erleiden sie, indem wir sie an der Luft erhitzen.

Für das Walten chemischer Kräfte im Organismus spricht endlich auch die Thatsache, dass gewisse organische Säuren im Organismus Veränderungen erleiden, die auf der Aufnahme der Elemente anderer chemischer Verbindungen beruhen, die im Organismus bereits vorhanden sind, dass auch dort chemische Synthesen stattfinden.

Bekannt ist es, dass die Hippursäure, eine namentlich im Pferdeharn vorkommende organische Säure von der Formel $C_9H_9NO_3$, sich bei der Behandlung mit Säuren in Benzoësäure und Amidoessigsäure oder Glycin unter Aufnahme der Elemente des Wassers spaltet. In der That ist

$$\underset{\text{Hippursäure}}{C_9H_9NO_3} + H_2O = \underset{\text{Benzoësäure}}{C_7H_6O_2} + \underset{\text{Amidoessigsäure}}{C_2H_5NO_2}$$

Aus ihrem ganzen Verhalten ziehen wir den Schluss, dass die Hippursäure als Amidoessigsäure betrachtet werden kann, in welcher 1 At. Wasserstoff der Amidgruppe durch das Benzoësäureradical: C_7H_5O vertreten ist, und wir schreiben demgemäss ihre Formel:

$$CH_2\begin{cases} NHC_7H_5O \\ COOH \end{cases}$$

Dieser Anschauung entspricht auch das Verhalten der Benzoësäure im Organismus. Nehmen wir Benzoësäure ein, so tritt sie im Harn als Hippursäure wieder aus. Benzoësäure und Amidoessigsäure verwandeln sich im Organismus unter Abspaltung von 1 Mol. Was-

ser in **Hippursäure.** In analoger Weise verwandelt sich die Salicylsäure im Organismus in Salicylursäure, die Cuminsäure in Cuminursäure.

Nicht minder wichtig erscheint die hinlänglich erhärtete Thatsache, dass die physiologische Bedeutung eines Körperbestandtheils durchaus abhängig ist von seiner chemischen Zusammensetzung, und dass sein Verhalten im Organismus stets beeinflusst wird durch seine chemische Qualität. Nach allen unseren Erfahrungen steht die chemische Zusammensetzung der Organe zu ihrer Function in innigster Beziehung. Blut, Galle, Gehirn und andere Gewebe haben ihre bestimmte nur in quantitativer Beziehung und da nur innerhalb gewisser Grenzen schwankende chemische Zusammensetzung; ebenso wenig, wie wir eine Flüssigkeit, die keinen Harnstoff und keine Harnsäure enthält, Harn zu nennen berechtigt sind, ebenso wenig können wir uns Blut ohne Blutkörperchen mit ihrem eisenhaltigen Farbstoff, Galle ohne Gallensäuren und Gehirn ohne Cerebrin, Cholesterin und gewisse Fette denken.

Es lassen sich bisher nicht alle Erscheinungen des Lebens aus physikalischen und chemischen Gesetzen erklären.

Ob sonach physikalische und chemische Gesetze zur Erklärung von Lebensvorgängen Anwendung finden können, ist heute keine Frage mehr. Sie ist längst beantwortet. Wohl aber darf man fragen, ob sich heute schon **alle** Erscheinungen des Lebens aus physikalischen und chemischen Gesetzen erklären lassen. Dass dies nicht der Fall ist, ergiebt sich schon daraus, dass alle physikalischen und chemischen Gesetze, die uns heutzutage zu Gebote stehen, nicht hinreichend sind, die Bildung einer Pflanzenzelle, eines Nerven, den Process der Zeugung, oder auch nur die Fortpflanzung der Sinneseindrücke zum Gehirn zu erklären.

Lebenskraft.

Wir können daher nicht umhin, im lebenden Organismus ein Thätiges anzunehmen, durch welches dem Wirken der physikalischen und chemischen Kräfte der eigenthümliche Stempel aufgedrückt wird, der das organische Leben kennzeichnet. Dieses Thätige, dem lebenden Organismus Eigenthümliche, diesen letzten Grund der Summe von Erscheinungen, die wir Leben nennen, bezeichnen wir mit dem Worte **Lebenskraft**, ohne mit diesem Worte einen anderen Begriff verbinden zu wollen, wie denjenigen, der im Sinne der heutigen Naturforschung dem Namen Naturkraft überhaupt zukommt.

Hülfswissenschaften und Hülfsmittel der physiologischen Forschung.

Aus dem Angeführten ergeben sich die Hülfswissenschaften und Hülfsmittel der Physiologie von selbst: Anatomie und Histiologie, Physik und Chemie und das physiologische Experiment. Anatomie und Histiologie lehren den Bau und die morphologische Entwickelung des Thierleibes und seiner Organe kennen, die Physik liefert den Schlüssel zu zahlreichen Bewegungserscheinungen, welche der Organismus darbietet, die Chemie zu den in selbem stattfindenden stofflichen Metamorphosen oder Mischungsänderungen. Das physiologische Experiment greift überall ergänzend ein.

Physiologische Chemie.

In diesem Sinne giebt es eine **physiologische Chemie**, eine Doctrin, welche ihrem Zwecke nach Physiologie, ihren Mitteln nach Chemie

ist, und die es sich zur Aufgabe stellt, gewisse Lebensvorgänge, die auf Mischungsänderungen des Stoffes beruhen, aus chemischen Gesetzen zu erklären.

Aufgaben und Eintheilung der physiologischen Chemie.

So wie es eine Pflanzenphysiologie und eine Thierphysiologie giebt, so giebt es auch eine physiologische Phyto- und eine physiologische Zoochemie. Letztere beschäftigt sich mit der Erörterung der chemischen Verhältnisse des thierischen Organismus und mit ihr werden wir es in diesem Werke zunächst zu thun haben. Allein die Natur ist ein Ganzes, und alle ihre Objecte befinden sich in stetiger Wechselwirkung. Nicht kann die Pflanze ohne Luft und Boden, nicht das Thier ohne Pflanze bestehen. Luft und Boden, Pflanze und Thier bedingen sich gegenseitig, und deshalb kann auch das organische Leben nicht verstanden werden im Individuum, es muss im Ganzen und Grossen aufgefasst, und in seinen verschiedenen Trägern und Phasen verfolgt werden. Eine klare Uebersicht des in der organischen Natur waltenden Chemismus gewinnt man erst, wenn man auf die ersten Anfänge organischen Lebens zurückgeht. Die Metamorphosen des Stoffs von dem Momente an, wo er organisch geworden, bis zu jenem, wo er wieder unorganisch wird, mit einem Worte: die allgemeinen Gesetze des Kreislaufs des Stoffs sind nothwendige Prämissen auch der physiologischen Thierchemie; ihre Entwickelung ist ein integrirender Theil derselben, sie stellen gewissermaassen die Prolegomena der Doctrin dar.

Wenn man die chemischen Vorgänge des thierischen Organismus beurtheilen will, muss man seine chemischen Substrate kennen, d. h. diejenigen chemischen Verbindungen, die Bestandtheile desselben sind. Man muss nicht nur wissen, wo sie vorkommen, sondern auch, welche physiologische Bedeutung sie besitzen.

Ebenso wenig aber, wie man einen Begriff von einem Hause erhält, wenn man die Elemente und chemischen Verbindungen, aus welchen es besteht, kennt, ebenso wenig erhält man einen Einblick in den wundervollen thierischen Organismus durch die blosse Kenntniss der Elemente und chemischen Verbindungen, aus denen er zusammengesetzt ist. Man muss auch ihre Vertheilung auf die einzelnen Organe des Thierleibes, man muss die chemische Zusammensetzung und das chemische Verhalten der thierischen Säfte, Gewebe und Organe kennen.

Erst mit diesem Rüstzeug kann man es wagen, der eigentlichen Aufgabe der physiologischen Chemie, der Erklärung der im Thierkörper während des Lebens vor sich gehenden chemischen Processe näher zu treten und ihre Lösung zu versuchen.

Dass endlich eine folgenreiche Behandlung der physiologischen Chemie eine genaue Kenntniss der allgemeinen theoretischen anorganischen wie organischen Chemie voraussetzt, bedarf keiner weiteren Erläuterung.

Die physiologische Chemie zerfällt den erörterten Verhältnissen zufolge in nachstehende Abschnitte:

I. Allgemeine Gesetze des Kreislaufs des Stoffs in der organischen Natur. Bildung organischer Verbindungen und Metamorphosen derselben in Pflanze und Thier. Rückverwandlung in anorganische Materien: Allgemeine chemische Biostatik.

Allgemeine chemische Biostatik.

II. Chemische Substrate des Thierorganismus. Vorkommen und Verwandlungen der im Thierleibe nachgewiesenen chemischen Verbindungen, und physiologische Bedeutung derselben: Zoochemie.

Zoochemie.

III. Chemische Zusammensetzung und allgemeines chemisches Verhalten der thierischen Säfte, Gewebe und Organe: Phlegmatochemie, Histiochemie, Organochemie.

Phlegmatochemie, Histiochemie, Organochemie.

IV. Ermittelung der Gesetze, nach welchen die auf Mischungsänderungen beruhenden thierischen Functionen und Lebensvorgänge erfolgen: Zoochemische Processe.

Zoochemische Processe.

Gegenwärtiger Standpunkt der physiologischen Chemie.

Haben wir in obigen Zeilen die Ziele der physiologischen Chemie angedeutet, so fragt es sich nun, in wie weit dieselben erreicht oder erreichbar sind. Das was in der physiologischen Chemie erreicht ist, verschwindet gegen das erst Anzustrebende, denn die physiologische Chemie ist eine noch sehr junge Wissenschaft. In dem Sinne aufgefasst, den wir entwickelt haben, kann man sie eine Tochter des Jahrhunderts nennen, und noch sind kaum die Grenzen des neuerworbenen Gebietes genau abgesteckt, viel weniger aber noch ist das Land überall urbar gemacht. Wenn wir uns den Boden von dem üppig wuchernden Unkraute unrichtiger Beobachtungen, auf falschen Prämissen ruhender Schlüsse und luftiger Hypothesen gesäubert denken, so bleibt eine ziemlich spärliche Aussaat erhärteter Thatsachen und errungener Wahrheiten übrig. Der Grund hiervon ist leicht einzusehen.

Erster Abschnitt.

Allgemeine chemische Biostatik.

Literatur: Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 9. Auflage. 1876. — Derselbe: Chemische Briefe. 5. Auflage. 1865. — Dumas: Statique chimique des êtres organisés. 1841. — Boussingault: Agronomie, chimie agricole et physiol. 2. edit. Paris 1860 bis 1874. — J. Sachs: Grundz. der Pflanzenphysiologie. 1873. — Mulder: Vers. einer allgem. physiologischen Chemie. 1844. — Rochleder: Phytochemie. 1858. — W. Knop: Kreislauf des Stoffs. 1868. — Moleschott: Kreislauf des Lebens. 5. Aufl. 1876. — A. Mayer: Lehrbuch der Agriculturchemie. 2. Aufl. 1876. — Berthelot: Chemische Synthese. 1877. — W. Knop: Pharm. Centralbl. 1851. 609. 721. 1852. 593. — Chem. Centralbl. 1860. 673. 1861. 465. 481. 561. 577. 1862. 257. 1863. 209. — Stohmann: Annal. d. Chem. u. Pharm. CXXI, 285. — A. Baeyer: Ueber die Wasserentziehung und ihre Bedeutung für das Pflanzenleben. Ber. der deutschen chem. Gesellsch. III, 63. — Emmerling: Chem. Vorgänge in der Pflanze. Habilitationsschr. 1874. — W. Pfeffer: Die Production organ. Substanzen in der Pflanze. Landwirthsch. Jahrb. Bd. III, 1874. — Derselbe: Die Wanderungen der organ. Baustoffe in der Pflanze; ebendas. Bd. V, 1876. — Ch. Darwin: Insectivorous Plants. 1875. — Reess u. Will: Einige Bemerkungen über fleischfressende Pflanzen. Botan. Zeitschr. 1875. Nr. 44. — Gorup-Besanez: Leucin neben Asparagin im frischen Safte der Wickenkeime. Ber. der deutschen chem. Gesellsch. VII, 146. 569. Derselbe: Ueber das Vorkommen eines diastatischen und peptonbildenden Fermentes in den Wickensamen; ebendas. 1478. Derselbe: Weitere Beobachtungen über diastatische und peptonbildende Fermente in den Wickensamen; ebendas. VIII, 1510. — v. Gorup-Besanez u. H. Will: Fortgesetzte Beobachtungen über peptonbildende Fermente im Pflanzenreiche (Studien über die Wirkungen des Nepenthessecretes); ebendas. IX, 673. — Sydney H. Vines: On the digestive ferment of Nepenthes. J. of Anat. and Physiol. Vol. XI, 1876. 124. — E. Schulze u. Barbieri: Ueber das Vorkommen eines Glutaminsäure-Amides in den Kürbiskeimlingen. Ber. der deutschen chem. Gesellschaft Bd. X, 199. — v. Gorup-Besanez: Glutaminsäure aus dem Safte der Wickenkeimlinge. Ber. der deutschen chem. Gesellschaft Bd. X, 780. — Hoppe-Seyler: Physiolog. Chemie. 1877. 113; Derselbe: Ueber den Process der Gährungen und ihre Beziehung zum Leben der Organismen. Pflüger's

Arch. f. Physiol. Bd. XII, 1. — Pflüger: Ueber die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen. Dessen Arch. f. Physiol. Bd. X, S. 251. — Traube: Theorie der Fermentwirkungen. Berlin 1858. — Pasteur: Zahlreiche Abhandl. über Gährung in den Compt. rend. u. Ann. de chim. et de phys. (3) LVIII, 323; LXIV, 1; Derselbe: Die Alkoholgährung, deutsch von Griessmayer. 1871. — Schützenberger: Die Gährungserscheinungen. Leipzig 1876. — Hüfner: Journ. f. prakt. Chem. N. F. V, 372; X, 148, 385; XI, 43; XIII, 475. — Dumas: Compt. rend. LXXV, 298. — Bert: Ebendas. LXXX, 1579. — Erlenmeyer: Ber. der bair. Akad. d. Wissensch. 1875. Heft 1. — W. Kühne: Verhandl. d. Heidelb. d. naturhist. med. Ver. N. S. I, 3 u. I, 4.

Kreislauf des Stoffs.

Alle Veränderungen des Stoffs beruhen auf neuer Gruppirung der Moleküle. Austausch der Elemente, Verbindung und Zersetzung, Aufnahme und Ausscheidung sind der Inbegriff aller materiellen Bewegung. Mit der chemischen Zersetzung geht die Bildung neuer Verbindungen Hand in Hand. So wie das scheinbare Verschwinden der Kräfte nur eine Wandelung derselben ist, so ist die scheinbare Vernichtung des Stoffs nur eine Neugestaltung desselben. Dies Alles gilt auch für das organische Leben. Pflanzliche, thierische Generationen gehen unter, um neuen Platz zu machen. Die Bestandtheile der Luft, des Wassers und des Bodens werden zu Bestandtheilen der Pflanze, die Bestandtheile der Pflanze zu Bestandtheilen des Thieres, die Bestandtheile des Thieres werden wieder zu Bestandtheilen der Luft und des Bodens. Der Kohlenstoff der Kohlensäure der Luft wird zum Kohlenstoff der Cellulose, des Stärkemehls, Gummis, der Pflanzensäuren und Alkaloide, des Klebers und Albumins u. s. w., er wird zum Kohlenstoff unseres Fleisches und Blutes, er kehrt aus unserem Fleische und Blute in der Form von Kohlensäure wieder in die Luft zurück, von der er stammte. Was in unserem Leibe organisch ist, erhalten wir aus der Luft, was darin von anorganischen Salzen vorhanden ist, kommt aus dem Boden. Durch ihre Ausscheidung während des Lebens, durch ihre Verwesung nach dem Tode geben Pflanzen, Thiere und Menschen das, was von der Erde stammte, dieser wieder, was von der Luft stammte, es kehrt in diese zurück.

Die Wanderungen des Stoffs stellen eine in sich geschlossene Kette dar, deren Anfangsglieder auch ihre Endglieder sind. Luft und Erde werden zur Pflanze, die Pflanze wird zum Thier, das Thier wird zu Bestandtheilen der Luft und des Bodens. Ganz allgemein ausgedrückt: das Anorganische wird organisch, um wieder anorganisch zu werden.

Dies ist es, was wir Kreislauf des Stoffs nennen.

Stoffwechsel.

Was wir im Gesammtgebiete der Natur als Kreislauf des Stoffs bezeichnen, das nennen wir im organischen lebenden Individuum Stoffwechsel. In jedem Zeittheilchen verliert der Körper des Thieres Stoff durch Gewebsumsatz, durch Absonderung und Ausscheidung, in jedem

Momente unseres Daseins geben wir der Luft und Erde einen Theil dessen zurück, was wir ihr genommen haben. Trotz dieses beständigen Verlustes aber ändert sich das Gewicht des Körpers wenig oder nicht, trotz desselben behält er seine Form und seine allgemeinen Mischungsverhältnisse bei. Dies ist aber nur unter der Voraussetzung denkbar, dass dem Thierkörper das, was er verloren hat, wieder ersetzt wird. Dieser Ersatz geschieht durch Zufuhr von aussen: durch die Nahrung.

Die Wanderungen des Stoffs von dem Momente an, wo er Bestandtheil des pflanzlichen oder thierischen Organismus geworden, bis zu jenem, wo er aus selbem wieder austritt, bezeichnen wir mit dem Worte Stoffwechsel.

Die allgemeinen Gesetze des Stoffkreislaufs und des Stoffwechsels zu ermitteln, ist die Aufgabe der chemischen Biostatik.

I. Bildung organischer Verbindungen in der Pflanze. Ernährung der Pflanze.

Die in den Pflanzen vorkommenden organischen Verbindungen werden in der Pflanze selbst erst, und zwar aus unorganischen Materien gebildet.

Das organische Leben beginnt mit der Pflanze, und mit ihr die Bildung organischer Verbindungen.

Wenn wir eine Pflanze verbrennen, so bleiben ihre anorganischen Bestandtheile als Asche zurück. Die Bestandtheile dieser Asche sind keine der Pflanze eigenthümliche, denn sie finden sich auch in der Erdrinde. Allein der bei weitem grösste Theil der Pflanze ist verbrennlich, er besteht aus organischen Materien, er besteht aus jenen zahlreichen organischen Verbindungen, welche die Chemie als Bestandtheile des Pflanzenleibes nachgewiesen hat. Von diesen organischen Bestandtheilen der Pflanzen finden wir keinen einzigen in den Medien, mit welchen die Pflanze in Wechselwirkung treten kann; weder in der Erdrinde noch im Wasser, noch endlich in der Luft hat man dieselben nachzuweisen vermocht, sie müssen sich daher, und dieser Schluss ist zwingend, in der Pflanze selbst erst mit ihrer Entwickelung gebildet haben, sie müssen sich während der ganzen Lebensdauer der Pflanze fortwährend neu in ihr erzeugen. Die Pflanze ist das synthetische Laboratorium, in welchem aus unorganischen Materien unter Mitwirkung der in der Pflanze bereits vorhandenen, und der durch die Reservestoffe des Samens der werdenden Pflanze zugeführten anorganischen und organischen Stoffe zahlreiche organische Verbindungen gebildet werden, denen wir im entwickelten Organismus der Pflanze begegnen.

Es fragt sich nun, aus welchen unorganischen Materien gestaltet die Pflanze ihren Leib, und aus welchen namentlich den organischen Antheil ihres Leibes? In anderer Form ausgedrückt, lautet diese Frage: was

sind die Nahrungsmittel der Pflanze, welche ihre Entwickelung und Massenzunahme bedingen?

Nahrungsmittel der Pflanze.

Die Pflanze kann ihre Nahrung nur solchen Medien entnehmen, mit welchen sie in Berührung kommt, und mit welchen sie in nachweisbare Wechselwirkung tritt. Diese Medien sind aber für alle Pflanzen ohne Unterschied das Wasser, die atmosphärische Luft und der Boden, d. h. die Erdrinde oder ihre Bestandtheile.

Ganz allgemein ausgedrückt sind die Bestandtheile des Wassers, der Luft und des Bodens diejenigen Stoffe, mit welchen die Pflanzen ohne Ausnahme in Wechselwirkung treten können, dass sie aber mit denselben wirklich in Wechselwirkung treten, dass sie aus ihnen diejenigen Stoffe aufnehmen, welche sie zur Entwickelung bedürfen, ist gegenwärtig durch zahlreiche und wichtige pflanzenphysiologische Untersuchungen als vollkommen festgestellt zu betrachten.

Die Erfahrung lehrt, dass die Pflanzen sterben, wenn ihnen eines der oben genannten Medien: Luft, Wasser, Boden, entzogen wird. Sie sind also für das Leben der Pflanze unumgänglich nothwendig. Die Erfahrung lehrt ferner, dass Luft, Wasser und Boden oder, wenn man will, ihre Bestandtheile von der Pflanze zum Theil aufgenommen werden, und dass insbesondere die Luft zu dem Pflanzenleben in einer Beziehung steht, welche derjenigen der Thiere geradezu entgegengesetzt ist, dass die Pflanzen durch die Veränderung, welche die atmosphärische Luft in ihnen unter Mitwirkung des Chlorophylls und des Sonnenlichtes erleidet, zu Regulatoren der constanten Zusammensetzung der Luft werden.

Als Nahrungsmittel bezeichnen wir im Allgemeinen alle diejenigen Stoffe, welche, von aussen in den lebenden Organismus eingeführt, zur Erhaltung des Lebens dienen und bei den Pflanzen diejenigen, welche ihre Entwickelung und Massenzunahme bedingen. Die Nahrungsmittel müssen daher, wobei wir von der Eigenthümlichkeit der Ernährungsverhältnisse bei Pflanzen und Thieren ganz absehen, jedenfalls die Elemente des Pflanzen- und Thierleibes enthalten. Betrachten wir nun zunächst die Zusammensetzung der organischen Bestandtheile des Pflanzenleibes, so finden wir Folgendes:

Allgemeine organische Bestandtheile der Pflanzen.

1) Alle organischen Bestandtheile der Pflanzen enthalten Kohlenstoff. 2) Alle organischen Pflanzenbestandtheile enthalten Wasserstoff. Manche organische im Pflanzenreiche vorkommende Materien enthalten nur diese beiden Elemente. Hierher gehören vor Allem viele ätherische oder flüchtige Oele. 3) Die Hauptmasse der in den Pflanzen vorkommenden organischen Verbindungen enthält ausser den oben genannten Elementen auch noch Sauerstoff. So gehören zu den allgemeinsten und physiologisch wichtigsten Bestandtheilen der Pflanzen die sogenannten Kohlehydrate (Cellulose, Stärke, Gummi, Pflanzenschleim, Zucker), welche aus Kohlenstoff und den Elementen des Wassers bestehen, und die Elemente des Wassers im selben Verhältnisse wie im Wasser enthalten. Eine andere Classe von organischen Pflanzenbestand-

theilen enthält ausser Kohlenstoff die Elemente des Wassers *plus* einer gewissen Menge Sauerstoff. Sie umfasst mit wenigen Ausnahmen die zahlreichen in den Pflanzen vorkommenden organischen Säuren; wieder andere Pflanzenbestandtheile enthalten Kohlenstoff und die Elemente des Wassers *plus* einer gewissen Menge Wasserstoff. Viele ätherische Oele, Wachs, die Harze, manche Glucoside u. s. w. gehören hierher, ebenso auch die Fette. 4) Sehr wichtige, wenngleich der Menge nach zurücktretende Bestandtheile des pflanzlichen Organismus enthalten ausser Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch noch Stickstoff. Der Stickstoff ist ein Bestandtheil der organischen Basen und der Eiweisskörper. Obgleich er gewichtlich den kleinsten Theil der Masse der Pflanzen ausmacht, so fehlt er doch in keiner Pflanze. 5) Ausser Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff enthalten gewisse allgemein verbreitete Pflanzenstoffe von sehr complexer Zusammensetzung auch noch Schwefel. Es gehören hierher vor Allem die sogenannten Eiweisskörper oder Proteinstoffe. Diese Substanzen, obgleich der Menge nach in den Pflanzen im Vergleich zum Thierreich untergeordnet, sind doch für die Bildung der Elementarorgane aller Pflanzen unentbehrlich, und fehlen daher auch keiner. Nur wenige Bestandtheile von Pflanzen bestehen nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Schwefel (Knoblauchöl, Asafoetida-Oel), und aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Schwefel bestehende organische Verbindungen finden sich nach den bisherigen Beobachtungen in den Pflanzen fertig gebildet mit Ausnahme des Senföls im Meerrettig gar nicht. Ob Phosphor ein organischer Bestandtheil gewisser Eiweisskörper ist, erscheint noch zweifelhaft, doch ist er ein Bestandtheil des Cerebrins, des Nucleïns und des Lecithins.

Allgemeine anorganische Bestandtheile der Pflanzen.

Jede Pflanze hinterlässt, wenn sie verbrannt wird, Asche, d. h. eine gewisse Menge anorganischer Stoffe. Diese Verbindungen, gleichviel ob wir uns dieselben in der lebenden Pflanze so gruppirt denken, wie wir sie in der Asche finden, oder nicht, machen jedenfalls einen nie fehlenden Bestandtheil des Pflanzenleibes aus, sie sind, wie sehr wichtige Untersuchungen gelehrt haben, für die Erhaltung des Lebens, für die Bildung der Pflanzenorgane ebenso unentbehrlich, wie die oben aufgeführten Elemente des organischen Antheils ihres Leibes.

Die in der Asche aller Pflanzen constant vorkommenden anorganischen Verbindungen sind: Kalium, Natrium, Magnesium und Calcium gebunden an Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kohlensäure und Chlor, ausserdem Eisen, Mangan und Silicium, und geringe Mengen von Fluor. In den Seepflanzen finden sich ausserdem noch wägbare Mengen von Brom und Jod. Borsäure, Aluminium und Baryum, sowie Kupfer, Zink und Spuren von Caesium, Rubidium und Lithium sind zwar ebenfalls in der Asche gewisser Pflanzen aufgefunden, scheinen aber ebenso wenig zu den constanten anorganischen Bestandtheilen der Pflanzen zu gehören, wie die in vielen Pflanzen aufgefundenen salpetersauren Salze, so wichtig die letzteren auch als

Nahrungsmittel der Pflanzen erscheinen. Es ist ferner klar, dass die in den Aschen gefundenen kohlensauren Salze mindestens zum grossen Theile von der Verwandlung der Salze organischer Säuren in kohlensaure durch den Verbrennungsprocess stammen, und daher in der lebenden Pflanze nicht als solche enthalten sind.

Zu den wesentlichen anorganischen Bestandtheilen der Pflanzen muss endlich noch das Wasser gezählt werden, welches schlechthin Lebensbedingung alles Lebenden und das Lösungsmittel der in den Pflanzensäften gelösten Stoffe ist, und seiner Menge nach einen sehr vorwiegenden Theil der Pflanzen ausmacht. Einige Pflanzen enthalten davon 86 bis 96 Proc. ihrer ganzen Masse.

Nach diesen Erörterungen kann es keinen Augenblick zweifelhaft sein, wovon die Erhaltung und Entwickelung der Pflanzen abhängig ist, oder, was am Ende dasselbe ist, welche Elemente der Pflanze durch die Nahrung zugeführt werden müssen. Die Entwickelung der Pflanze ist abhängig:

Von welchen Nahrungsbedingungen die Erhaltung und Entwickelung der Pflanzen abhängig ist.

1) Von der Aufnahme von Kohlenstoffverbindungen, welche den Kohlenstoff, 2) von Wasserstoffverbindungen, welche ihr den Wasserstoff, 3) von Stickstoffverbindungen, welche ihr den Stickstoff, 4) von Schwefelverbindungen, welche ihr den Schwefel liefern; 5) von der Gegenwart von Sauerstoff, der zur Bildung organischer sauerstoffhaltiger Verbindungen erforderlich ist; 6) von der Aufnahme endlich von Wasser und jener anorganischer Verbindungen, die wir als wesentliche Bestandtheile der Pflanzen überhaupt aufgeführt haben, oder mittelbar abhängig von einem Medium, welches diese anorganischen Stoffe, namentlich Phosphorsäure, Kalium, Kieselsäure, Schwefelsäure, Calcium, Magnesium, Eisen und Kochsalz in einer assimilirbaren Form enthält.

Aus der Thatsache, dass atmosphärische Luft, Wasser und Boden die einzigen Medien sind, mit denen die Pflanze in nachweisbare unmittelbare oder mittelbare Wechselwirkung tritt, folgt ohne Weiteres, dass diese Medien alle zur Erhaltung der Pflanzen nöthigen Stoffe ihren Elementen nach, oder als solche enthalten müssen. Wir haben aber weiter oben gesehen, dass von allen organischen Bestandtheilen der Pflanzen kein einziger in der Luft, im Wasser und im Boden nachzuweisen ist, während die anorganischen Bestandtheile derselben sich alle im Boden wiederfinden, ihnen also nicht eigenthümlich sind. Die Frage, woher die Pflanzen ihre anorganischen Bestandtheile nehmen, ist daher a priori zu beantworten, sie ist aber auch auf experimentellem Wege beantwortet: sie erhalten sie aus dem Boden.

Die weitere Frage ist aber die: welchen Medien entnimmt die Pflanze die Elemente ihrer organischen Bestandtheile, und wie gestaltet sie diese aus ihren Elementen?

Auch diese Frage ist ihrem ersten Theile nach durch eine Reihe der wichtigsten und schönsten Untersuchungen genügend beantwortet, während der zweite Theil derselben seiner Lösung allerdings in mehr wie einer Beziehung noch harrt.

Assimilation des Kohlenstoffs.

Assimilation des Kohlenstoffs.

Es ist Thatsache, dass Thiere und Menschen durch ihren Respirationsprocess der Luft fortwährend Sauerstoff entziehen und ihr dafür Kohlensäure zuführen; es ist ebenso bekannt, dass bei der Verbrennung aller organischen Stoffe, und desgleichen bei ihrer Verwesung und Fäulniss Kohlensäure gebildet wird, die ebenfalls in die Luft entweicht. Durch jede brennende Lampe, durch jedes brennende Scheit Holz, durch jeden Athemzug erzeugen wir eine Quantität Kohlensäure, die in die Luft entweicht, während daraus eine entsprechende Menge Sauerstoff verschwindet. Wenn man von den Verbrennungsprocessen und von der Respiration der Thiere ganz absieht und nur die der Menschen in Rechnung zieht, lässt sich durch eine ungefähre Berechnung finden, dass sich der Gehalt der Luft an Kohlensäure in 1000 Jahren verdoppeln müsste, und dass in 303 mal so viel Jahren aller Sauerstoff der Luft verschwunden und durch Kohlensäure ersetzt wäre.

Ursache davon.

Die Ursache, welche die ungeheuren Mengen von Kohlensäure aus der Luft beständig wegschafft, ist bekannt. Es ist der Lebensprocess der Pflanzen. Die grünen (chlorophyllhaltigen) Theile der Pflanzen entziehen unter der Mitwirkung des Sonnenlichtes der Luft beständig Kohlensäure und geben ihr Sauerstoff wieder. Sie sind daher in ihrer Wirkung auf die Atmosphäre den Thieren geradezu entgegengesetzt. Diese Function der Pflanzen fällt aber zusammen mit einem Theil ihrer Ernährung: mit der Assimilation des Kohlenstoffs. Diese erfolgt dadurch, dass sie die aus der Luft aufgenommene Kohlensäure in ihrem Organismus zersetzen, den Kohlenstoff derselben zum Aufbau ihres Leibes verwenden, den Sauerstoff derselben der Luft zum Theil wieder zurückgeben. Dieses Verhältniss der Pflanzen zur Atmosphäre und somit auch die Quelle ihres Kohlenstoffs ist eine ebensowohl auf dem Wege der Beobachtung, wie auch auf jenem der Induction bewiesene Thatsache.

Die Assimilation des Kohlenstoffs aus der Kohlensäure der Luft ist aber an zwei unerlässliche Bedingungen geknüpft: 1) an die Gegenwart des Chlorophylls, des grünen Farbstoffs der Pflanzen, 2) an eine hinreichend intensive Belichtung durch directes Sonnenlicht. Die Chlorophyllkörner bleiben unthätig für die Assimilation, wenn sie nicht durch Licht von geeigneter Qualität und Intensität angeregt werden, und selbst das in beiderseitiger Beziehung geeignete Licht bewirkt keine Zerlegung der Kohlensäure, und damit keine Assimilation, wenn es nicht auf chlorophyllhaltige Zellen trifft, wie durch zahlreiche Versuche nachgewiesen ist.

Dass die Pflanzen ihren Kohlenstoff aus der Kohlensäure der atmosphärischen Luft beziehen können, ist allein schon durch die Vegetation derjenigen Pflanzen, wie gewisser Flechten bewiesen, die sich auf nackten Felsen entwickeln. Solche Pflanzen können ihren Kohlenstoff nur der atmosphärischen Luft entnehmen. Aber auch auf directem Wege ist der Beweis dafür geliefert, dass der Kohlenstoff der Pflanzen von der Kohlensäure der Luft stammt. Man fand nämlich, dass Pflanzen in wässerigen Lösungen ihrer anorganischen Nahrungsstoffe, wenn ihre Blätter in die Atmosphäre ragen, gezogen und zur üppigen Entwickelung gebracht werden können (W. Knop, Stohmann).

Betrachtet man die Zusammensetzung der in den Pflanzen nachgewiesenen organischen Verbindungen, so findet man, dass sie alle weniger Sauerstoff enthalten, als nöthig wäre, um mit ihrem Kohlenstoff Kohlensäure zu bilden. Indem also die Pflanzen Kohlensäure aufnehmen, muss dieselbe in ihrem Organismus zerlegt werden und zwar in der Art, dass Sauerstoff abgespalten wird, denn die Bildung dieser organischen Verbindungen setzt eine Trennung des Kohlenstoffs von Sauerstoff voraus. Es ist also gewiss, dass der Sauerstoff, den die Pflanzen aushauchen, zum Theil von der aufgenommenen Kohlensäure stammt.

Wenn es sonach erwiesen ist, dass die Pflanzen der Luft Kohlensäure entziehen und ihr dafür Sauerstoff wiedergeben, sowie dass in ihrem Organismus eine Reduction der Kohlensäure stattfindet, so fragt es sich zunächst: beziehen die Pflanzen die Kohlensäure nur aus der Atmosphäre und reicht überhaupt der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre zur Ernährung der Pflanzen aus, oder giebt es noch eine andere Kohlensäurequelle für die Pflanzen. Obgleich die in der Luft enthaltene Kohlensäuremenge nach angestellten ungefähren Berechnungen vollkommen hinreichend erschiene, sie entspricht auf die ganze Atmosphäre berechnet 1400 Billionen Kilogramm Kohlenstoff, sonach mehr als das Gewicht aller Pflanzen und aller fossilen Kohlenlager zusammen, so ist es doch sehr wahrscheinlich, dass die Aufnahme der Kohlensäure von den Pflanzen in zweierlei Weise erfolge: durch die Blätter und durch die Wurzeln. Die in den Poren des Bodens enthaltene Luft ist reicher an Kohlensäure wie die Atmosphäre, mit dem Wasser, welches die Wurzeln der Pflanzen einsaugen, muss also eine grosse Menge Kohlensäure in die Pflanzen gelangen.

Der Kohlenstoff der Pflanzen stammt demnach von der Kohlensäure der Atmosphäre und des Bodens, und seine Assimilation besteht in einer Reduction der Kohlensäure, in Folge deren der Kohlenstoff von den Pflanzen zurückgehalten, der Sauerstoff aber der Luft zum grossen Theile wiedergegeben wird.

Assimilation des Wasserstoffs.

Assimilation des Wasserstoffs.

Obgleich directe Beweise für die Annahme, dass den Pflanzen auch die Fähigkeit zukommt, das Wasser in ihrem Organismus zu zersetzen, fehlen, so sprechen doch viele und gewichtige Gründe dafür, dass die Pflanzen ihren Wasserstoff aus dem Wasser erhalten.

Gründe für die Annahme, dass die Pflanzen die Fähigkeit besitzen, das Wasser zu zerlegen und seinen Wasserstoff sich zu assimiliren.

De Saussure fand, dass mit der Abscheidung des Sauerstoffs und mit der Zersetzung der Kohlensäure die Pflanze an Gewicht zunimmt, was vollkommen der Annahme entspricht, dass mit dem Kohlenstoff gleichzeitig die Elemente des Wassers von der Pflanze assimilirt werden. Indem der Kohlenstoff aus der Kohlensäure frei wird, muss er, da alle organische im Pflanzenleibe vorkommenden Verbindungen Wasserstoff enthalten, an Wasserstoff treten; dass dieser ihm aber von dem für das Pflanzenleben unentbehrlichen und überall vorhandenen Wasser geliefert werde, ist wohl die am Nächsten liegende Annahme. Die Annahme dagegen, dass das Wasser als solches mit dem Kohlenstoff in Verbindung treten könne, ist nur für eine beschränkte Anzahl von Verbindungen, für die Kohlenhydrate zulässig; alle anderen Verbindungen enthalten aber entweder ein Plus oder ein Minus von Wasserstoff, ja einige bestehen sogar nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Wachs, Harze, flüchtige Oele, Kautschuk sind alle durch ein Plus von Wasserstoff gekennzeichnet. Wenn sonach der Wasserstoff der organischen Verbindungen von dem Wasser stammt, so muss dasselbe in ähnlicher Weise reducirt werden, wie die Kohlensäure, und es muss daher auch auf diese Weise Sauerstoff frei werden. Am wahrscheinlichsten ist es, dass in der Pflanze beide Verbindungen gleichzeitig zersetzt, und der Sauerstoff aus beiden abgeschieden wird. Zum Theil bleibt derselbe mit den neugebildeten organischen Atomcomplexen verbunden, zum Theil aber entweicht er in die Atmosphäre. Wir werden übrigens sogleich hören, dass ein Theil des Wasserstoffs bei der Bildung stickstoffhaltiger Verbindungen möglicherweise auch vom Ammoniak stammen kann.

Assimilation des Stickstoffs.

Assimilation des Stickstoffs; er stammt vom Ammoniak und der Salpetersäure.

Der Stickstoff der stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen stammt vom Ammoniak und der Salpetersäure, wie jetzt durch directe und indirecte Beobachtungen auf das Evidenteste erwiesen ist.

Ohne nähere Kenntniss und Würdigung der obwaltenden Verhältnisse könnte man geneigt sein, zu fragen: warum es nicht einfacher erschiene, anzunehmen, dass der Stickstoff der Pflanzen aus dem Stickstoff der Luft stamme, die ja daran so reich ist. Allein bei näherer Betrachtung ergiebt sich, dass gegen diese Annahme alle Gründe sprechen.

Gründe gegen die Annahme, dass der Stickstoff der Pflanzenbestandtheile vom freien Stickstoff der Luft stamme.

Wenn man annimmt, der Stickstoff der stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen stamme von dem freien Stickstoff der atmosphärischen Luft, so setzt man damit voraus, dass dieser die Fähigkeit besitze, sich unter den gegebenen Bedingungen mit dem Kohlenstoff, dem Wasserstoff und dem Sauerstoff zu vereinigen. Allein wir haben nicht den geringsten Anhaltspunkt für diese Voraussetzung. Vielmehr wissen wir, dass der Stickstoff ein sehr indifferentes Element ist. Ganz abgesehen davon aber haben directe Versuche von Boussingault[1]) gezeigt, dass freier Stickstoff von den Pflanzen nicht assimilirt wird; es lehrt ferner die Erfahrung, dass viele Pflanzen das Stickstoffgas, welches die Wurzeln in der Form von Luft oder aufgelöst im Wasser aufgenommen hatten, wieder aushauchen, und dass die Vegetation in einem Boden, der keine Substanzen enthält, welche leicht in Ammoniak übergehen können, auch bei Anwesenheit von Stickgas nicht in gehöriger Weise von statten geht.

Dagegen ist Ammoniak eine Stickstoffverbindung, die im hohen Grade leicht zerlegbar ist, und in Berührung mit anderen Körpern die mannigfachsten Metamorphosen erleidet. Wir wissen, dass zahlreiche stickstoffhaltige organische Verbindungen als directe Abkömmlinge des Ammoniaks oder des Ammoniums anzusehen sind; es gehören hierher alle organische Basen, die Amide, Imide, die Amin- und Amidosäuren, und wahrscheinlich auch die Eiweisskörper. Ausserdem vermag sich das Ammoniak, in reinem Zustande im Wasser leicht löslich, direct mit den verschiedensten organischen Säuren zu Salzen zu vereinigen, und bildet mit gewissen Chromogenen, wie dem Erythrin und Orcin, prachtvolle Farbstoffe, kurz, wir wissen, dass es in die verschiedenartigsten Verbindungen einzugehen, und in selben seinen Charakter entweder beizubehalten, oder auch wohl vollkommen einzubüssen vermag.

Für die Aufnahme des Ammoniaks durch die Pflanzen sprechen aber noch zahlreiche andere Thatsachen und Erfahrungen. Man weiss, dass Topfpflanzen, welche mit Brunnenwasser begossen, im Winter in den Treibhäusern ihre Blätter abwerfen, ihre Blätter behalten, wenn man dem Wasser kleine Mengen von Ammoniak zusetzt, man beobachtet dass diejenigen stickstoffhaltigen Körper, welche leicht in Kohlensäure und Ammoniak zerfallen, wie z. B. der Harnstoff im Harne sowie andere Amide und Ureïde, die Fruchtbarkeit des Bodens am Kräftigsten vermehren, man weiss endlich, dass die in den Pflanzen eingeschlossene Luft Ammoniak enthält. Berücksichtigt man ferner, dass der Luft beständig grosse Mengen von Ammoniak zugeführt werden, sie demungeachtet aber verhältnissmässig geringe Mengen davon enthält, so wird man nicht anstehen, die Aufnahme des Ammoniaks als hinreichend bewiesen anzusehen.

---

[1]) Boussingault, Agronomie I, S. 6 bis 154.

Das Ammoniak, welches die Pflanzen aufnehmen, stammt aus dem Boden und aus der Luft.

Fragt man nun, woher das Ammoniak, welches die Pflanzen aufnehmen, stammt, so lautet die Antwort: aus der Luft und aus dem Boden, der es seinerseits aber ebenfalls wieder aus der Luft bezieht. Dass die Luft kohlensaures, salpetrigsaures und salpetersaures Ammoniak enthält, ist bekannt. Wegen seiner ausserordentlichen Löslichkeit in Wasser muss mit jeder Condensation des Wasserdampfes zu tropfbarem Wasser sich alles Ammoniak der Luft verdichten und selbes der Erde und den Pflanzen zugeführt werden und in der That enthält nicht nur alles Regenwasser, sondern auch der Thau und der Schnee stets nachweisbare Mengen von salpetersaurem und salpetrigsaurem Ammoniak. Die Vegetation auf nackten Felsen wachsender Pflanzen, sowie die Erfahrung, dass Pflanzen zur Entwickelung gebracht werden können in reinem Kohlenpulver, wenn sie mit Regenwasser begossen werden, ist ein Beweis dafür, dass die Pflanzen aus der Luft Ammoniak beziehen; dass sie aber auch selbes aus dem Boden erhalten und durch die Wurzeln einsaugen, ergiebt sich schon aus der Vertheilung der Ammoniakverbindungen auf der Erde und aus mannigfachen Erfahrungen. Directe Versuche haben ergeben, dass die Luft in den Poren des Bodens reicher ist an Ammoniak, wie die Atmosphäre, und dass der Boden eine Anziehung auf die anorganischen Stoffe, die den Pflanzen als Nahrung dienen und namentlich auch auf das Ammoniak äussert, welche nur mit jener der Kohle für Farb- und Riechstoffe verglichen werden kann.

Auch die Salpetersäure ist eine Quelle des Stickstoffs der Pflanzen. Spricht dafür ebenfalls schon der chemische Charakter der Salpetersäure, welche wie alle übrigen Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs sehr leicht in ihre Elemente zerfällt, und durch nascirenden Wasserstoff in Ammoniak übergehen kann (Auflösen von Zink in verdünnter Salpetersäure liefert Ammoniak), ferner der Umstand, dass salpetrige und Salpetersäure constante Bestandtheile der Luft sind und durch die meteorischen Niederschläge der Erde beständig zugeführt werden, so wie endlich die Thatsache, dass auch das Ammoniak in lockerem, lufthaltigem Erdreich rasch zu Salpetersäure oxydirt wird, so ist auch auf directem Wege durch zahlreiche Vegetationsversuche bewiesen, dass die Pflanzen salpetersaure Salze aus dem Boden aufnehmen, dass sie die Fähigkeit besitzen, die Salpetersäure zu reduciren, ja bei künstlichen Vegetationen in den wässerigen Lösungen ihrer Nährstoffe zur Entwickelung gebracht werden können, wenn ihnen der Stickstoff nur in der Form salpetersaurer Salze mit Ausschluss des Ammoniaks dargeboten wird (Knop). Wird aber bei derartigen Versuchen gleichzeitig Ammoniaksalz den Lösungen zugefügt, so ist das Resultat ein günstigeres und die Entwickelung eine üppigere (Stohmann).

Der Stickstoff der Pflanzenbestandtheile stammt sonach vom Ammoniak, der Salpetersäure und der salpetrigen Säure der Luft und des Bodens.

Die Assimilation des Stickstoffs kann ferner erfolgen:

1) durch directe Aufnahme des Ammoniaks und Bindung desselben durch bereits gebildete stickstofffreie Verbindungen;
2) durch Austritt von Wasserstoff des Ammoniaks und Eintritt organischer Radicale (organische Basen, Amidė etc.);
3) durch Reduction der salpetrigen und der Salpetersäure, wobei der Sauerstoff als Wasser austritt, der Stickstoff aber assimilirt wird.

Assimilation des Sauerstoffs.

Assimilation des Sauerstoffs.

Aus dem Sauerstoffgehalte der meisten organischen Verbindungen folgt von selbst, dass den Pflanzen auch Sauerstoff zugeführt werden muss. Dieser Sauerstoff aber kann möglicherweise aus dem Wasser, aus der Kohlensäure und aus dem freien Sauerstoff der Atmosphäre stammen. Bei jenen organischen Verbindungen, die Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse wie im Wasser enthalten, und bei jenen, die ein Plus von Wasserstoff darbieten, ist es nicht unwahrscheinlich, dass der Sauerstoff in der Form von Wasser eingeführt wird. Obgleich nun darüber, ob die Assimilation des Sauerstoffs auf dem einen oder auf dem anderen, oder auf beiden Wegen zugleich erfolgt, beweisende Beobachtungen nicht vorliegen, so ist es doch andererseits durch genaue Versuche ausser allen Zweifel gesetzt, dass die Pflanzen aus der Luft unter gewissen Bedingungen Sauerstoff absorbiren. Die chemischen Vorgänge und die molecularen Bewegungen der Pflanzenzellen setzen erfahrungsgemäss eine sauerstoffhaltige Atmosphäre voraus. Sie finden nur so lange statt, als der freie Sauerstoff der Atmosphäre in sie eindringen kann. Die Pflanzenphysiologie hat weiterhin festgestellt, dass alle nicht chlorophyllhaltigen Pflanzenorgane sowohl im Lichte, als auch im Dunkeln, und dass namentlich die Keimlinge vor der Chlorophyllbildung Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure ausgeben, ebenso aber die chlorophyllhaltigen Organe, wenn sie dem Einflusse des Lichtes entzogen sind. Dieser dem Assimilationsvorgange des Kohlenstoffs entgegengesetzte Gaswechsel, dem Athmungsprocesse der Thiere analog, setzt jedoch weit geringere Gasquantitäten in Bewegung. In von Boussingault[1]) angestellten Versuchen zersetzte ein Quadratmeter Oleanderblatt im Sonnenlichte im Mittel 1·108 Liter Kohlensäure per Stunde, während ein Quadratmeter desselben Blattes im Dunkeln in derselben Zeit nur 0·07 Liter Kohlensäure abgab. Unter normalen Verhältnissen, in welchen die chlorophyllhaltigen Pflanzen leben, muss natürlich die Kohlensäurezerlegung, d. h. der Assimilationsvorgang viel ausgiebiger sein, da ja hierauf die Möglichkeit einer Massenzunahme beruht. Ueber die Bedeutung der Sauerstoffabsorption und Kohlensäureausscheidung in der vollkommen entwickelten Pflanze sind

[1]) Boussingault, Compt. rend. LVIII, 883.

die Meinungen der Pflanzenphysiologen getheilt und ist es namentlich sehr fraglich, ob beide Vorgänge in so nahem genetischen Zusammenhange stehen.

Die Kohlensäureausscheidung der Pflanzen bei Nacht lässt sich nämlich zum Theile ganz einfach auf eine physikalische Ursache zurückführen: wenn die Pflanzen im Sonnenlichte Kohlensäure und Wasser aufnehmen, so werden diese Verbindungen reducirt, ihr Kohlen- und Wasserstoff zurückbehalten und ihr Sauerstoff ganz oder zum Theil der Luft sammt einem Theil verdunstenden Wassers wiedergegeben. Da aber bei Nacht eine Zersetzung der Kohlensäure und des Wassers nicht stattfindet, während durch die Wurzeln beständig kohlensäurehaltiges Wasser aufgesaugt wird, so muss ein Theil dieser Kohlensäure mit dem Wasser einfach abdunsten und in die Luft übergehen. Diejenige Kohlensäure, welche von den Pflanzen nicht bloss abgedunstet wird, kann möglicherweise von im Pflanzenorganismus vor sich gehenden Spaltungsprocessen stammen. Anders verhält es sich mit der Aufnahme von Sauerstoff und Ausgabe von Kohlensäure beim Keimprocess. Wir werden weiter unten hören, dass die chemischen Vorgänge während desselben mit jenen der mit dem mächtigen Reductionsapparate versehenen entwickelten Pflanzen nichts gemein haben.

Assimilation des Schwefels.

Assimilation des Schwefels.

Entscheidende Beobachtungen über die Art der Assimilation des Schwefels, der, wie bekannt, ein Bestandtheil der Eiweisskörper und gewisser ätherischer Oele (Knoblauchöl, Asafoetidaöl, Senföl und einiger anderer) ist, fehlen, und wir haben uns daher zunächst darnach umzusehen, woher der Schwefel überhaupt stammen kann. Hier eröffnen sich uns nun zwei Möglichkeiten. Entweder er stammt aus Schwefelverbindungen, die in der Luft, oder aus solchen, die im Boden enthalten sind. In der Luft aber ist bisher eine einzige Schwefelverbindung, und auch die keineswegs constant aufgefunden: Schwefelwasserstoff. Der Schwefelwasserstoff lässt sich aber nur in der Nähe der Orte, an denen er sich entwickelt (Abtritte, Düngerhaufen, Schwefelquellen u. s. w.) und auch da nur so lange nachweisen, als die Entwickelung dauert, denn in Berührung mit Sauerstoff wird er bekanntlich alsbald zersetzt. Berücksichtigt man überdies, dass die in den Poren des Bodens enthaltene Luft nach angestellten Versuchen keine Spur von Schwefelwasserstoff enthält, und eine schwefelwasserstoffhaltige Luft der Erfahrung gemäss die Pflanzen absterben macht, so wird man die Quelle des Schwefels der Pflanzenbestandtheile in der Atmosphäre zu suchen nicht geneigt sein können. Sucht man sie aber dort nicht, so bleibt nur mehr eine Möglichkeit, denn dann bleibt nur mehr die Annahme, dass der Schwefel von den Schwefelverbindungen des Bodens stamme. Im Boden aber findet

sich der Schwefel allgemein verbreitet in keiner anderen Form, wie in jener schwefelsaurer Salze und demnach müsste den Pflanzen die Fähigkeit zukommen, die Schwefelsäure zu zerlegen, so wie sie die Kohlensäure und das Wasser zerlegen. Wenn man bedenkt, dass die Elemente der Schwefelsäure nicht fester gebunden sind, wie die des Wassers und jedenfalls viel weniger fest, wie jene der Kohlensäure, so wird eine solche Annahme nicht befremdlich erscheinen.

Dass übrigens der Schwefel in schwefelhaltigen organischen Pflanzenbestandtheilen in einer Form enthalten sein könne, welche derjenigen des Schwefels in den schwefelsauren Salzen sehr nahe steht, lehrt die Zersetzung, welche das in den schwarzen Senfsamen enthaltene myronsaure Kalium durch Myrosin mit der grössten Leichtigkeit erleidet. Es spaltet sich dieses merkwürdige Glucosid dann nämlich in Senföl, Traubenzucker und saures schwefelsaures Kalium:

$$\underset{\text{Myronsaures Kalium}}{C_{10}H_{18}KNS_2O_{10}} = \underset{\text{Senföl}}{C_4H_5NS} + \underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Saures Kaliumsulfat}}{SO_4HK}$$

Assimilation der feuerbeständigen anorganischen Bestandtheile der Pflanzen.

Assimilation der feuerbeständigen Bestandtheile der Pflanzen.

Die Unentbehrlichkeit der Aschenbestandtheile der Pflanzen für ihren Lebensprocess in überzeugender Weise dargethan und damit der Landwirthschaft eine wissenschaftliche Basis gegeben zu haben, ist das unsterbliche Verdienst Liebig's.

Zahlreiche mit der grössten Sorgfalt ausgeführte Aschenanalysen der verschiedensten Pflanzen haben ergeben, dass gewisse anorganische Stoffe in keiner Pflanze fehlen, dass aber ihre Vertheilung und ihr relatives Mengenverhältniss nicht nur allein bei verschiedenen Pflanzen, sondern sogar bei den verschiedenen Organen einer und derselben Pflanze ein verschiedenes und dass dieses Verhältniss kein zufälliges ist, sondern zur Entwickelung der Pflanzen und ihrer Organe in einer ganz bestimmten Beziehung steht. Das Gesammtresultat aller nach dieser Richtung angestellten Forschungen ist, dass gewisse anorganische feuerbeständige Stoffe für die Entwickelung der Pflanzen ebenso unentbehrlich sind, wie Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Schwefel und dass, wenn einer Pflanze auch alle soeben genannten Nahrungsstoffe in einer assimilirbaren Form dargeboten werden, ihr Gedeihen immer noch davon abhängig ist, ob der Boden, in dem sie wurzelt, ihr jene anorganischen Bestandtheile in dem gehörigen Verhältniss zu bieten vermag.

Unentbehrlichkeit derselben für die Entwickelung der Pflanzen, und Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf letztere.

Die Abhängigkeit der Entwickelung der Pflanzen vom Boden und seiner Beschaffenheit giebt sich durch eine Menge der unzweideutigsten Thatsachen zu erkennen, von welchen wir einige besonders beweisende

beispielsweise hervorheben. Die Theestaude von China nach Java oder nach Südamerika verpflanzt, ändert sich in ihrer Entwickelung derart, dass der javanische oder amerikanische Thee dem chinesischen in seiner Qualität entfernt nicht gleichgestellt werden kann. Die sogenannte Teltower Rübe gedeiht nur im Sandboden der Mark, versetzt man sie in einen üppigeren Boden, so artet sie zu unförmlichen Knollen aus. Dasselbe gilt von dem Taback und der Rebe, auch hier giebt sich der Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf das Deutlichste zu erkennen. Der feinste Havannataback degenerirt auf Java alsbald, die edelste Rebe liefert unter sonst gleichen Bedingungen nur dann einen edlen Wein, wenn der Boden der für sie passende ist.

Beziehungen einzelner Bodenbestandtheile zur Ernährung der Pflanze.

Erscheint die Abhängigkeit der Pflanzen und ihrer Entwickelung von der Bodenbeschaffenheit festgestellt, so entsteht nun die weitere Frage: Kennt man die Beziehungen, welche zwischen der Aufnahme bestimmter einzelner anorganischer Bodenbestandtheile und der Entwickelung der Pflanzen stattfinden? — Auch diese Frage muss bejahend beantwortet werden. Man weiss nicht nur, dass gewisse Pflanzengattungen dem Boden gewisse Bestandtheile in grösserer Menge entziehen und diese Bestandtheile daher vorzugsweise zu ihrer Entwickelung bedürfen, sondern man kennt auch vielfach die Wirkungen, welche das Fehlen derselben im Boden auf die Entwickelung der Pflanzen und auf die landwirthschaftlichen Erträge ausübt, und es ist in einzelnen Fällen sogar erwiesen, dass zwischen der Menge gewisser Aschenbestandtheile einerseits, und bestimmter organischer Stoffe in den Pflanzen anderseits ein constantes Verhältniss besteht. Da eine ausführlichere Darlegung dieser Beziehungen uns auf das Gebiet der Agriculturchemie und Landwirthschaft führen würde, so müssen wir es uns versagen, darauf näher einzugehen.

Art der Aufnahme der anorganischen Bodenbestandtheile.

Ueber die Art der Aufnahme der anorganischen Stoffe aus dem Boden hat man bis auf die jüngste Zeit eine irrige Ansicht gehabt. Man hat nämlich, wie dies auch ganz natürlich schien, geglaubt, dass die anorganischen Stoffe aus dem Boden den Wurzeln der Pflanzen ganz einfach in einer Lösung zugeführt und von ersteren aufgesogen würden. Diese Ansicht, der übrigens schon immer die Thatsache im Wege stand, dass die Pflanzen einzelne Stoffe aus dem Boden in grösserer Menge aufnehmen, wie andere und dies auch dann, wenn der Boden gerade an diesen Stoffen arm, während er an anderen reich ist, hat sich durch neuere Untersuchungen als irrig erwiesen. Diese, von Bronner[1]), Thomson[2]), Huxtable[3]), Way und Liebig[4]) angestellt, haben die merkwürdige Thatsache kennen gelehrt, dass die Ackererde das Vermögen besitze, diejenigen anorganischen Stoffe, welche unentbehrliche Nahrungs-

---

[1]) Bronner: Der Weinbau in Süddeutschland. 1836. S. 44. — [2]) Journ. of the Agric. soc. 1850. T. XI, 68. — [3]) Ebend. XI, 313, XV, 91. — [4]) Ann. Chem. u. Pharm. CV, 109.

mittel der Pflanzen sind, aufzusammeln und mit grosser Kraft zurückzuhalten. Regenwasser nimmt beim Durchfiltriren durch Ackererde keine Spur von Kali, von Ammoniak, von Phosphorsäure und von Kieselerde auf, und lässt man Regen- oder anderes Wasser, welches Ammoniak, Kali, Phosphorsäure, Kieselsäure aufgelöst hält, durch Ackererde filtriren, so verschwinden diese Stoffe beinahe augenblicklich aus der Lösung. Die Ackererde vermag also Lösungen diese Stoffe zu entziehen, und sie, ähnlich wie Kohle Farb- und Riechstoffe, mit einer gewissen Kraft zurückzuhalten. Dass übrigens eine gewisse Auswahl dabei stattfindet, ergiebt sich daraus, dass wenn man mit kohlensaurem Wasser bereitete Lösungen von Calciumphosphat, oder von Ammonium-Magnesiumphosphat mit Ackererde zusammenbringt, die Phosphorsäure des Calciumphosphates, und die Phosphorsäure und das Ammoniak des Ammonium-Magnesiumphosphates in der Ackererde vollständig zurückbleiben, während Calcium und Magnesium zum Theil in das Filtrat übergehen. Ebenso entzieht einer verdünnten Chlorkaliumlösung Ackererde das Kalium vollständig, während dieselbe Menge Erde einer Kochsalzlösung noch nicht die Hälfte Natrium entzieht. Dieses Verhalten gewinnt sogleich Bedeutung, wenn man sich daran erinnert, dass die Asche der Landpflanzen vorzugsweise Kalium enthält. Ebenso wird von Natriumsulfat und Natriumnitrat nur ein Theil des Natriums in der Erde zurückgehalten, während von Kaliumsulfat und Kaliumnitrat alles Kalium in der Erde zurückbleibt.

Ebenso nimmt die Ackererde aus gefaultem Harn, Mistjauche mit Wasser verdünnt, aus einer Auflösung von Guano in Wasser alles darin enthaltene Ammoniak, alles Kalium und alle Phosphorsäure auf, so dass es als eine ganz allgemeine Eigenschaft der Ackerkrume anzusehen ist, diese Stoffe, die für sich bei ihrer grossen Löslichkeit in reinem und kohlensaurem Wasser in einer gewissen Zeit aus dem Boden ausgelaugt werden müssten, diesem zu erhalten. Es bedarf übrigens wohl kaum der Erwähnung, dass diese Eigenschaft eine begrenzte, und dass auch die Capacität der verschiedenen Bodenarten in diesem Sinne eine verschiedene ist. Für jede Bodenart giebt es einen gewissen Sättigungspunkt und ein Ueberschuss der oben mehrfach genannten Stoffe bleibt dann in Lösung. Sandboden absorbirt bei gleichem Volumen weniger wie Mergelboden, dieser weniger wie Thonboden. Eine an organischen Ueberresten: an Humus, reicher Boden entzieht einer Lösung von kieselsaurem Kalium alles Kalium, allein die Kieselsäure bleibt gelöst; humusarme Thon- oder Kalkboden dagegen nehmen aus der Lösung alles Kalium und alle Kieselsäure auf. Diese Wirkungen sind übrigens keineswegs, wie Liebig annahm, rein physikalische, sondern znm grossen Theile auf chemische Wechselwirkung zwischen Bodenbestandtheilen und den in Lösung dem Boden zugeführten Stoffen zurückzuführen.

Diesen Thatsachen gegenüber muss die Ansicht, dass die Pflanzen ihre anorganische Nahrung einfach in einer Lösung erhalten, aufgegeben

werden und man muss annehmen, dass eine Wechselwirkung zwischen den Wurzeln und ihren Säften einerseits und der Ackerkrume andererseits besteht, in Folge deren die anorganischen Nahrungsstoffe direct aus letzterer aufgenommen werden. Die Art dieser Wechselwirkung wird verständlich, wenn man die Thatsache berücksichtigt, dass die Wurzelsäfte der Pflanzen so viel freie Säure enthalten, dass sie Lackmuspapier sehr stark röthen; allein es sind hier noch mancherlei Umstände unaufgeklärt und kann man vorläufig nicht anders annehmen, als dass dabei je nach der Natur der Pflanze eine gewisse Auswahl stattfindet und dies gilt nicht allein für die Landpflanzen, sondern auch für die Wasserpflanzen, welche ihre Nahrungsstoffe fixer anorganischer Natur nur aus einer Lösung erhalten können. Auch hier zeigt die Analyse der Asche derartiger Pflanzen verglichen mit jener des Wassers, in welchem sie leben, dass das Verhältniss der Bestandtheile ein total geändertes ist. Die Pflanzen nehmen die anorganischen Stoffe in den Verhältnissen auf, die für ihren Lebensprocess die geeigneten sind, keineswegs aber in solchen, in denen sie ihnen in Lösungen dargeboten werden.

Assimilation des Wassers.

Assimilation des Wassers.

Bereits weiter oben wurde auseinandergesetzt, dass alle Pflanzen und Pflanzenorgane Wasser enthalten, welches für sie und alle lebenden Organismen eine der wichtigsten Lebensbedingungen ist, so wichtig wie Luft, Licht und Wärme. Die Menge desselben beträgt meist mehr, wie ihre organischen und feuerbeständigen Bestandtheile zusammengenommen. Ueber die Art der Aufnahme dieses Wassers werden bei der Selbstverständlichkeit der Sache wenige Worte genügen.

Die Hauptorgane für die Aufnahme des Wassers sind jedenfalls die Wurzeln. Darüber besteht keine Meinungsverschiedenheit unter den Pflanzenphysiologen, während die Möglichkeit der Wasseraufnahme durch die Blätter bestritten wird. Der Aufnahme des Wassers durch die Pflanzen geht eine Abdunstung desselben parallel, welche fortwährend erfolgt und so beträchtlich ist, dass nach den Versuchen von Hales ein Kohlkopf in 12 Stunden nicht weniger wie 1 Pfund 6 Loth Wasser durch Verdunstung verliert. Ein Morgen Landes mit Hopfen beflanzt verdunstet in 120 Tagen 4,250,000 Pfund Wasser.

Da ein Theil von dem Wasser, welches die Pflanzen aufnehmen, in ihrem Organismus reducirt wird, so müssen die abdunstenden Mengen desselben jedenfalls geringer sein, wie die aufgenommenen. Versuche haben dies bestätigt und damit einen indirecten Beweis für die Zerlegung des Wassers in den Pflanzen geliefert. Nach Senebier's Versuchen verhält sich das aufgenommene Wasser zu dem abdunstenden wie 15 : 13.

Auch tropfbarflüssiges Wasser scheiden manche Pflanzen unter besonderen Verhältnissen aus, so *Nepenthes destillatoria*, *Sarracenia purpurea* u. a. m.

Ueber den Modus, nach welchem in den Pflanzen die primäre Bildung organischer Verbindungen erfolgt.

Chemische Synthese.

Die primitive Bildung organischer Verbindungen in den Pflanzen erfolgt durch Synthese.

Vergleicht man die Nahrungsstoffe der Pflanze mit den organischen Verbindungen, welche Bestandtheile der letzteren sind, so sieht man sogleich ein, dass die Bildung dieser organischen Verbindungen direct aus den Nahrungsstoffen nur auf einem Wege, auf dem der Synthese, erfolgen kann, denn ihre Zusammensetzung: der organischen Säuren, der organischen Basen, der Kohlehydrate, Glucoside, Gerbsäuren, Fette, ätherischen Oele, Harze, Eiweisskörper u. s. w. ist eine derartige, dass, wenn man sie sich aus den Nahrungsstoffen: Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, direct entstanden denkt, dieses nur unter der Voraussetzung möglich ist, dass sich die Moleküle dieser Nahrungsstoffe unter einander unter mannigfachen Modalitäten addiren, oder dass Polymerisirungen stattfinden. Allein es wäre vollkommen irrig, die Bildung aller organischen Verbindungen, die in den Pflanzen vorkommen, aus den oben genannten Nahrungsstoffen direct erfolgend anzunehmen, denn wenn man das allgemeine Verhalten der organischen Verbindungen, die Leichtigkeit, mit der sie in einander übergeführt werden, berücksichtigt, so ist es klar, dass primär eine gewisse Anzahl der organischen Pflanzenbestandtheile allerdings aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak erzeugt werden muss, dass aber, so wie einmal diese organischen primären Stoffe gebildet sind, die weitere Bildung aus den Bestandtheilen der Nahrung und diesen bereits fertigen organischen Stoffen, oder auch wohl durch Umsetzungen der letzteren selbst erfolgen kann. Aber auch bei dieser Art von Bildung organischer Verbindungen in den Pflanzen wird insoferne, als es sich dabei um die Bildung von complexeren Molekülen aus einfacheren handeln sollte, der Vorgang im Wesentlichen ein synthetischer sein; wenngleich nicht in Abrede gestellt werden kann, dass gewisse organische Moleküle, die wir in den Pflanzen antreffen, aus zusammengesetzteren durch Gährungsvorgänge im weiteren Sinne, Abspaltung oder andere analytische Vorgänge erzeugt werden können. Die primäre Bildung der organischen Pflanzenbestandtheile aus den Nahrungsstoffen durch Synthese ist aber die einzig mögliche Bildungsweise und daher schon durch die Existenz dieser organischen Stoffe bewiesen, sie wäre auch dann bewiesen, wenn es uns bisher nicht gelungen wäre, ausserhalb des Organismus in unseren Laboratorien organische Verbindungen aus anorganischen auf synthetischem Wege künstlich darzustellen.

Bekanntlich aber hat der synthetische Weg chemischer Forschung, von Berthelot zuerst mit Erfolg betreten, bereits reiche Frucht getragen. Nicht nur ist es gelungen, Elemente direct zu organischen Molekülen zu vereinigen, sondern man hat durch allmählichen Aufbau sehr complexe und häufig genug auch als Bestandtheile lebender Organismen längst bekannte Moleküle im Laboratorium zu erhalten gelernt.

Wie Berthelot zeigte, verbinden sich Kohle und Wasserstoff unter der Mitwirkung des elektrischen Funkens zu Acetylen: einem alle Charaktere des Organischen besitzenden Kohlenwasserstoffe:

$$C_2 + H_2 = \underset{\text{Acetylen}}{C_2H_2}$$

Vom Acetylen ausgehend, welches durch unmittelbare Umwandlungen auf synthetischem Wege zahlreiche andere organische Verbindungen liefert, erhält man Aethylen, C_2H_4, Alkohol, C_2H_6O, Oxalsäure, $C_2H_2O_4$, Cyanwasserstoff, CNH, nach folgenden Gleichungen:

$$C_2H_2 + H_2 = \underset{\text{Aethylen}}{C_2H_4}$$

$$C_2H_2 + O_2 = \underset{\text{Oxalsäure}}{C_2H_2O_4}$$

$$C_2H_2 + N_2 = \underset{\text{2 Mol. Blausäure}}{2\,(CNH)}$$

$$\underset{\text{Aethylen}}{C_2H_4} + H_2O = \underset{\text{Alkohol}}{C_2H_6O}$$

So lässt sich das Acetylen unter dem Einflusse hoher Temperatur condensiren, d. h. polymerisiren, und so gewinnt man auf synthetischem Wege den aromatischen Kohlenwasserstoff, das Benzol: C_6H_6.

$$3\,(C_2H_2) = \underset{\text{Benzol}}{C_6H_6}$$

Man kann, vom Acetylen ausgehend, alle übrigen Kohlenwasserstoffe erhalten. In diesen und ähnlichen Fällen geht die Synthese von den Elementen selbst aus. In anderen Fällen aber von der Kohlensäure und dem Wasser: zwei Nahrungsstoffen der Pflanzen. Durch Einwirkung von Kohlenoxyd auf Wasser bei Gegenwart von Alkalien erhält man Ameisensäure:

$$CO_2 - O = \underset{\text{Kohlenoxyd}}{CO}$$

$$CO + KOH = \underset{\text{Ameisensaures Kalium}}{CHKO_3}$$

Bei einer anderen Art von Synthesen, welche für die Vorgänge in der Pflanze ganz besonders wichtig ist, tritt Kohlensäure in ein bereits organisch gewordenes Molekül ein und liefert so eine organische Säure. Z. B.:

$$\underset{\text{Methylnatrium}}{\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ Na \end{matrix}} + CO_2 = \underset{\text{Essigsaures Natrium}}{\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CO_2Na \end{matrix}}$$

$$\underset{\text{2 Mol. Natriumphenylat}}{2\begin{pmatrix} C_6H_5 \\ | \\ ONa \end{pmatrix}} + CO_2 = \underset{\text{Bas. salicylsaures Natrium}}{C_6H_4\begin{cases} ONa \\ CO_2Na \end{cases}} + \underset{\text{Phenol}}{C_6H_5OH}$$

Oder endlich es vereinigen sich zwei organische Moleküle zu complexeren organischen Verbindungen. Z. B.:

$$\underset{\text{Bittermandelöl}}{C_7H_8O} + \underset{\text{Acetylchlorid}}{C_2H_3OCl} = \underset{\text{Zimmtsäure}}{C_9H_8O_2} + HCl$$

Hierher gehört namentlich auch die Synthese der Neutralfette aus den freien Fettsäuren und Glycerin unter Abspaltung von Wasser.

Unter den verwirklichsten Synthesen beziehen sich sehr viele auf Bestandtheile pflanzlicher oder thierischer Organismen. Wir führen ausser den oben bereits erwähnten an die Synthesen der Milchsäure, des Rautenöls, der Hippursäure (s. w. o.), des Taurins, des Zimmtöls, des Cumarins, des ätherischen Senföls. Von ganz besonderem Interesse ist auch die allerdings nicht eigentlich zu den Synthesen zählende Reduction der Kohlensäure zu Oxalsäure.

Diese Beispiele genügen, um die künstliche synthetische Darstellung organischer Verbindungen zu erläutern. Auf welche Weise dieselbe aber innerhalb der Pflanze unter Mitwirkung des Sonnenlichtes u. s. w. erfolgt, darüber fehlen uns zur Zeit noch sichere und factische Nachweise.

Wir müssen daher vorläufig darauf verzichten, die Pflanze vor unserem geistigen Auge sich chemisch aufbauen zu sehen, und nur in Bezug auf einzelne bei derartigen Betrachtungen sich aufdrängende Fragen, namentlich über die Präexistenz einzelner organischer Verbindungen, findet sich Material zur Beantwortung, oder wenigstens zur Discussion derselben.

Eine derartige Discussion ist wiederholt über die Frage geführt, ob Kohlensäure und Wasser in der Pflanze direct zu den neutralen, allgemeinen Pflanzenbestandtheilen, wie Cellulose, Gummi, Zucker u. a. m., umgewandelt werden, oder ob der Bildung derselben die Bildung der allgemein verbreiteten organischen Säuren vorhergehe, und diese erst eine Reihe von Veränderungen erleiden, in einer allmählichen Ausscheidung und Vertretung ihres Sauerstoffs durch Wasserstoff bestehend, wodurch sie gewissermaassen als die Uebergangsglieder von der Kohlensäure in die Kohlehydrate erscheinen würden. Die letztere Ansicht wurde besonders von Liebig vertreten.

Andererseits macht man geltend, dass wenn die Bildung der organischen Säuren jener des Zuckers voranginge, in jenen Momenten, in welchen die Pflanze am stärksten reducirt, d. h. bei der Einwirkung der Sonnenstrahlen auf grüne Blatttheile eine starke Anhäufung von Säuren stattfinden müsste, was jedoch bisher nicht beobachtet wurde. Durch

die Beobachtung Butlerow's, der fand, dass bei der Einwirkung von Alkalien auf die wässerige Lösung des Formaldehyds ein zuckerhaltiger Körper entsteht (Methylenitan), gewinnt die schon öfter ausgesprochene Ansicht, dass sich der Zucker direct aus der Kohlensäure bildet, an Bedeutung. Die dabei möglichen Vorgänge finden ihren Ausdruck in nachstehenden Formeln:

$$\underset{\text{Kohlensäure}}{CO_2} - O = \underset{\text{Kohlenoxyd}}{CO}$$

$$\underset{\text{Kohlenoxyd}}{CO} + 2H = \underset{\text{Formaldehyd}}{CH_2O}$$

6 Moleküle Formaldehyd in wässeriger Lösung könnten unter Abspaltung von 6 Mol. Wasser sich zu 1 Mol. Traubenzucker condensiren. Giebt man dem Formaldehyd in wässeriger Lösung die Formel $CH_2(OH)_2$, wogegen nichts im Wege steht, so könnte der Vorgang nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Formaldehyd}}{6(CH_2(OH)_2)} - 6H_2O = \underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6}$$

verlaufen.

In ähnlicher Weise könnte Glycerin durch Condensation von 3 Mol. Formaldehyd und Reduction des gebildeten Glycerinaldehydes entstehen. Die Entwickelungsgeschichte der Schleimpilze, bei welchen in einem gewissen Stadium aus der zelleninhaltähnlichen Masse plötzlich eine grosse Masse von Cellulose abgespalten wird, spricht dafür, dass der gebildete Zucker zunächst mit dem condensirenden Zelleninhalt verbunden bleibt, und später erst je nach Umständen als solcher, oder in Cellulose, Stärke oder Glucosid verwandelt, abgespalten wird (Baeyer [1]).

Was die stickstoffhaltigen Pflanzenstoffe anbelangt, so wird es durch die Leichtigkeit, mit der man aus stickstofffreien organischen Verbindungen mit Hülfe des Ammoniaks stickstoffhaltige gewinnen kann, mehr als wahrscheinlich, dass die Pflanzen die stickstoffhaltigen Substanzen aus stickstofffreien erzeugen, und zwar unter Aufnahme der Elemente des Ammoniaks, und dass daher die stickstoffhaltigen Pflanzenbestandtheile einer späteren Bildungsperiode angehören. Von diesen zählen einige zur Classe der Amide und Glucoside, andere zu jener der organischen Basen oder Alkaloide. Ihre Menge ist in der Regel ziemlich gering und letztere fehlen in vielen Pflanzen gänzlich. Dagegen fehlen die Eiweisskörper, oder wenigstens einzelne Repräsentanten dieser Gruppe keiner Pflanze. Ihre complexe Zusammensetzung gestattet den Schluss, dass ihre Bildung nur allmählich aus minder complexen Stoffen erfolgt, und dass sie als die höchstzusammengesetzten Verbindungen als die letzten Producte der synthetischen Thätigkeit der Pflanze zu betrachten sind.

Man war gewohnt, die stofflichen Mischungsänderungen in der Pflanze als schlechthin synthetische aufzufassen und mit den analytischen

---

[1]) Baeyer: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch., Berlin, Jahrg. III, 63.

des thierischen Stoffwechsels in Antithese zu bringen. Aber jene scharfen Gegensätze, die man früher zwischen Pflanze und Thier vom morphologischen, wie vom physiologischen Standpunkte aufstellte, bestehen nicht. Wie neuere Untersuchungen gezeigt haben, sind die chemischen Vorgänge bei den Keimpflanzen, so lange noch kein Chlorophyll gebildet ist, wesentlich verschiedene, wie diejenigen, welche unter dem Einflusse des mächtigen Reductionsapparates der Pflanze stattfinden. Bei dem Keimprocesse werden die Reservestoffe des Samens (Stärke und Eiweisskörper) allmählich den Keimlingen zugeführt, und hier unter Mitwirkung eigenthümlicher Fermente, so wie des aus der Luft absorbirten Sauerstoffs in einfachere Moleküle zerlegt. Die Eiweisskörper zerfallen dabei in Asparagin, Leucin, Glutaminsäure (oder ihr Amid: Glutamin) und vielleicht auch Tyrosin: wohlbekannte Spaltungsproducte der Eiweisskörper, die während des Stoffwechsels der Thiere oft genug auftreten. Aus ihrem Auftreten während des Keimprocesses muss man den Schluss ziehen, dass sie eine Translationsform des Stickstoffs, und dazu bestimmt sind, in den späteren Entwickelungsstadien der Pflanzen wieder zu Eiweisskörpern synthesirt zu werden (Pfeffer u. Sachs).

Chemische Vorgänge beim Keimprocess der Pflanzen.

Zieht man ausserdem die merkwürdigen in neuerer Zeit von Ch. Dawin, J. Hooker, Reess und Will gemachten Beobachtungen über das Vorkommen peptonisirender Drüsensecrete bei Drosera, Nepenthes und anderen Pflanzen, so wie das von mir und Will constatirte Vorkommen derartiger peptonisirender und diastatischer Fermente in den Keimlingen von Wicken, Mandeln und wohl auch anderen Keimpflanzen in Betracht, so kann von einem durchgreifenden Gegensatze der stofflichen Vorgänge bei Pflanze und Thier nicht mehr die Rede sein.

II. Metamorphosen des Stoffs im Thiere.

Verfolgen wir die Wandlungen des Stoffs in den Thieren, und zwar zunächst jenen der höheren Thierclassen, welche einem genaueren Studium ihrer Lebensvorgänge leichter zugänglich sind im Ganzen und Grossen, so tritt uns auch hier ein inniges Wechselverhältniss zur Atmosphäre und zum Boden entgegen; allein dieses Verhältniss ist ein von dem der Pflanzen wesentlich verschiedenes, mit Bezug auf die Atmosphäre sogar ein entgegengesetztes. Während nämlich die entwickelten Pflanzen der Luft durch ihren Ernährungsprocess fortwährend Kohlensäure entziehen und ihr dafür Sauerstoff wiedergeben, halten die Thiere bei ihrer Respiration einen Theil des Sauerstoffs der eingeathmeten Luft zurück, der aber keineswegs als solcher in ihrem Körper verbleibt, sondern als Kohlensäure und Wasser wieder ausgeathmet wird. Der Kohlenstoff dieser Kohlensäure, und ein Theil des Wasserstoffs des Wassers stammt von den umgesetzten Geweben, von dem allmählichen Zerfall der orga-

Verhältniss der Thiere zur Atmosphäre

nischen Bestandtheile des Thierkörpers, von ihrer Auflösung in immer einfachere und einfachere Formen, unter dem Einflusse des Sauerstoffs und anderer im Organismus selbst liegender Momente. Für die Pflanzen ist die atmosphärische Luft Nahrungsmittel, für die Thiere ist sie Vermittlerin des Stoffumsatzes und der thierischen Wärme. Die Entwickelung und das Wachsthum der Pflanzen, ihre Zunahme an organischer Masse ist geknüpft an Austritt von Sauerstoff, der sich von den Bestandtheilen ihrer Nahrung trennt. Im Thiere sind die stofflichen Veränderungen, die das Leben kennzeichnen, an die Aufnahme von Sauerstoff gebunden, der in jedem Momente des Lebens aufgenommen wird, und sich mit gewissen Bestandtheilen des Thierkörpers verbindend, endgültig als Kohlensäure und Wasser durch Haut und Lungen und in anderen einfachen Verbindungsformen durch Nieren und Darm austritt, und somit keine Massenzunahme, sondern vielmehr Stoffverbrauch, eine beständige Abnahme an Masse bewirkt. Berücksichtigen wir nun, dass von einem erwachsenen Manne in einem Jahre über 300 Kilogr. Sauerstoff aufgenommen werden, die alle an Bestandtheile des Thierkörpers gebunden wieder austreten, so ist es klar, dass die Thiere in einem gewissen Zeitraume sich alle einfach in Luft auflösen müssten, wenn ihnen für den beständigen Verlust an Stoff, den sie erleiden, nicht Ersatz durch Zufuhr von aussen geboten würde. Dieser Ersatz wird durch die Nahrung geliefert und in Folge dieses unter normalen Bedingungen den Verlust wirklich deckenden Ersatzes finden wir das Gewicht des Körpers nach Ablauf eines Jahres entweder unverändert, oder nur innerhalb weniger Pfunde variirend.

und zum Boden.

Die Frage nach den Quellen der thierischen Nahrung führt uns unmittelbar auf das Verhältniss der Thiere zum Boden. Auch dieses ist ein von jenem der Pflanzen zum Boden wesentlich verschiedenes. Während letztere aus diesem ihre anorganischen Nahrungsstoffe und die in selbem verdichteten Atmosphärilien direct aufnehmen, ist für das Thier der Boden nur mittelbare Quelle der Nahrung. Es sind seine organischen Erzeugnisse, die dem Thiere zur Nahrung dienen. Die Nahrungsmittel aller Thiere sind unter allen Umständen Theile von Organismen, und diese Nahrungsmittel enthalten zum grössten Theile diejenigen organischen Stoffe, die das Thier als Bestandtheile seiner Organe enthält, bereits fertig gebildet; sie sind dem, was sie ersetzen sollen, gleichartig und gleichwerthig. Der Thierkörper setzt sich nicht, wie es die Pflanze thut, seine Bestandtheile aus seinen Nahrungsmitteln durch Synthese und durch Condensation zusammen, sondern er empfängt die Bestandtheile seines Fleisches und Blutes in seinen Nahrungsmitteln bereits fertig gebildet. In dem Fleische des pflanzenfressenden Thieres verzehrt das fleischfressende sein eigenes Fleisch, in den Pflanzen verzehrt das pflanzenfressende die bereits fertig gebildeten Bestandtheile seines Fleisches und Blutes. Das Endproduct der bildenden Thätigkeit der Pflanze: die Eiweisskörper und andere Bestandtheile des Pflanzenleibes,

Die Nahrungsmittel der Thiere sind die organischen Erzeugnisse des Bodens, Theile von Organismen und das Thier empfängt in selben die Bestandtheile seines Fleisches und Blutes bereits fertig gebildet.

dienen unmittelbar und ohne weitere eingreifende chemische Metamorphose zum Ersatze des Stoffverlustes des Thieres. Durch diese Beziehung erscheinen die Pflanzen als die stoffbereitenden Organe im allgemeinen Kreislauf des Lebens.

Die Hauptfactoren des thierischen Lebens und diejenigen, die einer chemischen Betrachtung allein zugänglich sind, sind die Processe der Respiration, der Ernährung und der Rückbildung oder regressiven Stoffmetamorphose. Indem wir uns ein näheres Eingehen auf die beiden ersten Processe auf den letzten Abschnitt versparen, werden wir hier nur in ganz allgemeinen Umrissen die Wandlungen des Stoffs skizziren, die durch sie und zwar zunächst durch den Process der Ernährung und Rückbildung veranlasst werden. Die Respiration kommt bei dieser allgemeinen Darstellung des thierischen Stoffwechsels nur insoferne in Betracht, als sie selben vermittelt.

Ernährung der Thiere.

Organische Bestandtheile des Blutes, Fleisches und der Gewebe der Thiere.

Die organischen Verbindungen, die als Hauptbestandtheile des Blutes, des Fleisches und der übrigen Gewebe erscheinen, gehören den nachstehenden Gruppen an:

1) Eiweisskörper und ihre Derivate; 2) Fette; 3) Kohlehydrate.

Von diesen Stoffen erscheinen die Eiweisskörper sammt ihren Derivaten und die Fette als eigentliche Gewebsbildner, während die Kohlehydrate, wie weiter unten erörtert wird, eine andere Bedeutung haben.

Anorganische Bestandtheile der thierischen Flüssigkeiten und Gewebe.

Der Thierkörper enthält aber auch noch anorganische Stoffe, die zu seiner Entwickelung ebenso wesentlich sind, wie die organischen; die wichtigsten davon sind: Phosphorsaure Alkalien und phosphorsaure Erden (Calcium und Magnesium), kohlensaure Erden (in den Knochen), Chlorkalium und Chlornatrium, schwefelsaure Alkalien, Eisen und Kieselerde.

Das Blut ist bekanntlich die Hauptërnährungsflüssigkeit des Thierkörpers; was Gewebe werden soll, muss vorher Blut gewesen sein; was daher das Thier in seiner Nahrung aufnimmt, muss in Blut verwandelt werden, oder es muss wenigstens in das Blut übergehen, wenn es seine Wirkungen für die Ernährung entfalten soll. Das Blut enthält etwa 79 bis 80 Proc. Wasser und 20 bis 21 Proc. feste Bestandtheile, worunter $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ organische sind. Unter den organischen treten Serumalbumin und das eisenhaltige Hämoglobin in den Vordergrund, während Fette und Kohlehydrate den geringeren Theil derselben ausmachen; von letzteren ist überhaupt nur der Traubenzucker und zwar in sehr geringer Menge repräsentirt.

Das Blut enthält alle zur Bildung der Gewebe nöthigen Elemente.

Vergleichen wir nun mit der Zusammensetzung des Blutes jene des Fleisches und der übrigen Gewebe, so ergiebt sich, dass das Blut nicht

allein alle Elemente zur Bildung derselben enthält, sondern dass diese Elemente im Blute in einer Weise zu Verbindungen gruppirt sind, die ihren Uebergang in Gewebsbestandtheile entweder ohne, oder durch eine untergeordnete chemische Umsetzung möglich macht.

Das Blut enthält demnach die Elemente zur Bildung aller Gewebe und thierischen Flüssigkeiten in geeigneter Form.

Ernährung der Fleischfresser.

Die Bestandtheile des Blutes und Fleisches der fleischfressenden Thiere sind vollkommen identisch mit den Bestandtheilen des Blutes und Fleisches derjenigen Thiere, die ihnen zur Nahrung dienen, und es ist daher die Ernährung der Fleischfresser vom chemischen Standpunkte aus ein sehr einfacher Vorgang: sie leben vom Blute und Fleische der Pflanzenfresser. Auch das gesäugte Thier verzehrt in der Milch nur das Blut seiner Mutter, denn in der Milch sind alle jene Stoffe repräsentirt, die das Blut constituiren: Eiweissstoffe (Casein und Albumin), Fette (Butter), Kohlehydrate (Milchzucker), anorganische Salze (dieselben wie jene des Blutes) und Wasser. Der Uebergang des Caseins in Serumalbumin und andere Eiweisskörper setzt keine tiefgreifende chemische Metamorphose voraus.

Ernährung der Pflanzenfresser.

Die Ernährung der Pflanzenfresser ist als nicht weniger einfach erkannt, seitdem man weiss, dass alle Theile von Pflanzen, welche Thieren zur Nahrung dienen, ausser Fetten, Kohlehydraten und anorganischen Salzen, die denen der Thiere gleich oder ähnlich sind, auch Eiweisskörper enthalten, die weder in ihrer Zusammensetzung, noch in ihren Eigenschaften sich von denen des Thierkörpers wesentlich unterscheiden. Die Pflanzenstoffe, welche den pflanzenfressenden Thieren zur Blutbildung dienen, enthalten demnach ebenfalls die Hauptbestandtheile des Blutes bereits fertig gebildet. Die Nahrhaftigkeit der vegetabilischen Nahrung steht in geradem Verhältnisse zu dem Gehalte derselben an diesen Stoffen, in welchen die Pflanzenfresser die nämlichen verzehren, auf welche das fleischfressende Thier zu seiner Erhaltung angewiesen ist.

Die Fleischnahrung enthält die nahrhaften Bestandtheile der Pflanzen aufgespeichert und in concentrirtester Form.

Nach diesen Prämissen lässt sich das Verhältniss der Pflanzen zu den Thieren klar übersehen. Die Fleischnahrung enthält den nahrhaften Bestandtheil der Pflanzen aufgespeichert und im concentrirtesten Zustande.

Aus Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Salpetersäure, unter Mitwirkung von Schwefel der schwefelsauren Salze und gewissen anderen anorganischen Bestandtheilen der Erdrinde, erzeugen die Pflanzen das Blut der Thiere, und in dem Blute und Fleische der pflanzenfressenden verzehren die fleischfressenden Thiere im eigentlichen Sinne nur die Pflanzenstoffe, von denen die ersteren sich ernährt haben. Die Thiere werden daher durch Vermittelung der Pflanzen aus Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Salpetersäure nebst einigen anorganischen Stoffen der Erdrinde aufgebaut, aus Luft und Erde entsteht das thierische Leben.

Was für den Ersatz der organischen Bestandtheile des Thierkörpers durch die Nahrung gilt, gilt auch für die anorganischen; auch diese er-

hält das Thier, gleichviel ob pflanzenfressendes oder fleischfressendes, bereits fertig gebildet und in der zur Assimilation unmittelbar geeigneten Form. Die Bestandtheile der Asche des Blutes der körnerfressenden Thiere sind identisch mit der Asche der Körnerfrüchte, die Asche der Omnivoren enthält die Bestandtheile der Asche des Brodes, des Fleisches und der Gemüse, die Asche des Fleisches aller Thiere enthält die gleichen Bestandtheile.

Auch die anorganischen Bestandtheile seines Leibes erhält das Thier grösstentheils in derselben Form.

Die anorganischen Bestandtheile der Nahrung sind nicht minder wichtig wie die organischen und nur diejenigen Stoffe haben auf die Bezeichnung Nahrungsmittel Anspruch, welche auch die anorganischen Salze des Blutes, des Fleisches und der Gewebe in der geeigneten Form enthalten. Rein dargestelltes aschefreies Albumin, reiner Käsestoff, die ausgelaugte Muskelfaser u. s. w. sind so wenig Nahrungsmittel, dass Thiere selbst durch den quälendsten Hunger nicht vermocht werden können, diese Stoffe zu geniessen.

Es bedarf nach dem Gesagten auch wohl kaum einer näheren Auseinandersetzung, dass unter einem vollkommenen Nahrungsmittel nur solche Substanzen verstanden werden können, welche die Hauptbestandtheile des Thierkörpers: Eiweisskörper, Fette, Kohlehydrate und die anorganischen Salze des Blutes in dem geeigneten Verhältnisse und in verdaulicher Form enthalten.

Begriff eines vollkommenen Nahrungsmittels für Thiere.

Wir haben im Obigen ausgeführt, dass der Thierkörper in seiner Nahrung die Bestandtheile seines Blutes und seiner Gewebe bereits fertig gebildet erhält. Dieser Satz bedarf aber einer Einschränkung in Bezug auf die Fettbildung im Thierkörper. Obgleich man früher auch diese ausschliesslich von dem als solchem aufgenommenen Fette in der Nahrung herleiten zu dürfen glaubte, so ist es gegenwärtig als vollkommen entschieden anzusehen, dass dem nicht so ist, vielmehr Fett auch im Organismus selbst erst aus anderen organischen Verbindungen nämlich aus Eiweiskörpern abgespalten wird.

Fettbildung im Thierkörper.

Regressive Stoffmetamorphose.

Rückbildung im Thiere.

Das Blut und die Gewebe der Thiere befinden sich in einer beständigen Verjüngung. Fortwährend werden die Bestandtheile derselben umgesetzt und durch die Ausscheidungsorgane des Thierkörpers der Aussenwelt zugeführt, fortwährend wird für das Ausgeschiedene wieder Neues assimilirt und in Blut und Gewebe umgewandelt, wenn eine entsprechende Zufuhr von Aussen durch die Nahrung stattfindet. Fehlt es an dieser,

Die Gewebe der Thiere befinden sich in einer beständigen Umsetzung.

so verliert der Körper an Gewicht, es tritt Abmagerung ein, und es würde das Thier seinen Körper allmählich vollständig verausgaben, wenn nicht schon früher in Folge des Untüchtigwerdens der Organe für ihre Functionen der Hungertod einträte. Ersetzen wir aber das Verlorene durch Nahrungsmittel, so erhält sich der Körper des Thieres bei seinem ursprünglichen Gewichte. Im Thierkörper findet also ein beständiger energischer Stoffwechsel statt.

Vergleich der Einnahmen des Thierkörpers mit seinen Ausgaben in Bezug auf ihre Zusammensetzung.

Vergleichen wir nun die Einnahmen des Thierkörpers mit seinen Ausgaben ihrer Qualität nach, oder mit anderen Worten, vergleichen wir die Zusammensetzung der Bestandtheile der Nahrung der Thiere mit der Zusammensetzung derjenigen Stoffe, die in den thierischen Ausscheidungen den Körper verlassen, so finden wir, dass die organischen Verbindungen, welche die Hauptbestandtheile der thierischen Nahrung ausmachen, die höchstzusammengesetzten, die complexesten organischen Moleküle sind, die wir überhaupt kennen, — während die Form, in welcher die umgesetzten Gebilde des Thierkörpers selben verlassen, entweder gar keine organische mehr ist, oder sich doch wenigstens auf der Grenzlinie zwischen organischen und anorganischen Verbindungen bewegt. Die der Menge nach vorwiegenden Bestandtheile der thierischen Ausscheidungen sind: Kohlensäure, Wasser und das Amid der Kohlensäure: Harnstoff, der bei dem geringsten Anstosse in Kohlensäure und Ammoniak zerfällt.

Die Endglieder der regressiven Stoffmetamorphose des Thieres sind die Anfangsglieder der progressiven Stoffmetamorphose der Pflanze.

Durch das Leben der Thiere kehrt sonach die allgemeine Stoffmetamorphose zu ihren ersten Anfängen zurück, die Endglieder der regressiven Stoffmetamorphose des Thieres sind die Anfangsglieder der progressiven Stoffmetamorphose der Pflanze, die Ausscheidungen der Thiere sind die Nahrung der Pflanze.

Die in den Ausscheidungen der Thiere enthaltenen feuerbeständigen anorganischen Salze sind ebenfalls unmittelbar für die Ernährung der Pflanzen verwerthbar, sie sind mit den anorganischen Bestandtheilen der Pflanzen identisch, wie wir bereits mehrfach ausgeführt haben.

Die höher organisirten Bestandtheile des Thierkörpers werden nicht unmittelbar zu Kohlensäure, Wasser und Ammoniak verbrannt.

Fassen wir nun aber das Verhalten der organischen Verbindungen, welche die Hauptbestandtheile des Thierkörpers ausmachen, in Bezug auf ihre ausserhalb des Organismus eingeleiteten Zersetzungen ins Auge, so erscheint es von vornherein höchst unwahrscheinlich, dass diese Stoffe im Organismus direct zu Kohlensäure, Wasser und Ammoniak oder zu Harnstoff verbrennen sollten, denn dies gelingt uns selbst ausserhalb des Organismus in unseren Laboratorien nur durch ihre Verbrennung im engsten Sinne. Abgesehen nun davon, dass für eine derartige Verbrennung die Bedingungen im Thierorganismus nicht vorhanden sind, sprechen zahlreiche Gründe dafür, dass der Uebergang der gewebsbildenden Bestandtheile des Thierorganismus in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak oder Harnstoff ein nur allmählicher ist, und zwischen ersteren und den Endproducten zahlreiche Mittelglieder liegen. Diese Mittelglieder entstehen vielfach durch Spaltungsvorgänge, wobei complexere Moleküle,

nicht selten unter Aufnahme von Wasser, in zwei oder auch mehrere einfachere zerfallen, zum Theil auch wohl als Folge der Einwirkung bestimmter Fermente. Auf diese einfacheren, der Einwirkung des Sauerstoffs leichter zugänglichen Moleküle wirft sich nun dieser und führt sie den Endproducten dieses analytischen Processes entgegen.

Vorkommen von Zwischenproducten der regressiven Stoffmetamorphose im Thierkörper.

Für einen derartigen allmählichen Uebergang sprechen aber nicht allein allgemeine Erwägungen, sondern auch bestimmte Thatsachen, das Vorkommen nämlich zahlreicher organischer Verbindungen, die man sich als derartige Mittelglieder denken kann und die sich in Bezug auf ihre Zusammensetzung in Reihen bringen lassen, deren einzelne Glieder immer einfacher und einfacher zusammengesetzt erscheinen, immer ärmer an Kohlenstoff und beziehungsweise immer reicher an Sauerstoff und an Stickstoff werden, immer mehr den organischen Charakter verlieren und endlich wirklich in die oben genannten anorganischen Verbindungen übergehen.

Stellen wir die empirischen Formeln einer Reihe im Thierkörper vorkommender stickstoffhaltiger Verbindungen in der Art zusammen, dass wir mit den complexesten Molekülen beginnen und mit den einfachsten die Reihe schliessen, so erhalten wir ein anschauliches Bild des Zerfalls der complexeren Moleküle in einfachere:

Hämoglobin	C_{600}	H_{960}	N_{154}	Fe S_3	O_{179}
Albumin	C_{90}	H_{139}	N_{22}	S	O_{30}
Lecithin	C_{42}	H_{84}	N	P	O_9
Taurocholsäure . . .	C_{26}	H_{45}	N	S	O_7
Glykocholsäure . . .	C_{26}	H_{43}	N		O_6
Hippursäure	C_9	H_9	N		O_3
Tyrosin	C_9	H_{11}	N		O_3
Leucin	C_6	H_{13}	N		O_2
Asparagin	C_4	H_8	N_2		O_3
Asparaginsäure . . .	C_4	H_7	N		O_4
Glutaminsäure	C_5	H_9	N		O_4
Guanin	C_5	H_5	N_5		O
Hypoxanthin	C_5	H_4	N_4		O
Xanthin	C_5	H_4	N_4		O_2
Harnsäure	C_5	H_4	N_4		O_3
Kreatin	C_4	H_9	N_3		O_2
Allantoin	C_4	H_6	N_4		O_3
Harnstoff	C	H_4	N_2		O

Der Harnstoff schliesst die Reihe der im Thierkörper gebildeten organischen stickstoffhaltigen Moleküle. Als Amid der Kohlensäure zerfällt er sehr leicht unter Aufnahme von Wasser in Ammoniumcarbonat:

$$\begin{array}{lcl} NH_2 + H_2O & & ONH_4 \\ | & & | \\ CO & = & CO \\ | & & | \\ NH_2 + H_2O & & ONH_4 \end{array}$$

Harnstoff Ammoniumcarbonat

Aehnlich verhält es sich mit den stickstofffreien organischen Molekülen des Thierkörpers. Auch hier ein allmähliches Absteigen zu immer einfacherem. Z. B.:

Stearin	$C_{57}H_{110}O_6$
Palmitin	$C_{51}H_{98}O_6$
Olein	$C_{57}H_{104}O_6$
Stearinsäure	$C_{18}H_{36}O_2$
Oelsäure	$C_{18}H_{33}O_2$
Palmitinsäure	$C_{16}H_{32}O_2$
Buttersäure	$C_4H_8O_2$
Bernsteinsäure	$C_4H_6O_4$
Traubenzucker	$C_6H_{12}O_6$
Glycerin	$C_3H_8O_3$
Milchsäure	$C_3H_6O_3$
Essigsäure	$C_2H_4O_2$
Oxalsäure	$C_2H_2O_4$
Ameisensäure	CH_2O_2

So wie der Harnstoff sehr leicht in Kohlensäure und Ammoniak zerfällt, so die als letztes organisches Oxydationsproduct zahlreicher organischer stickstofffreier Verbindungen (Kohlehydrate, Fette, organische Säuren) häufig genug auftretende Oxalsäure in Kohlensäure und Ameisensäure, letztere aber zerfällt durch Oxydationsmittel in Kohlensäure und Wasser:

$$\underset{\text{Oxalsäure}}{C_2H_2O_4} = \underset{\text{Kohlensäure}}{CO_2} + \underset{\text{Ameisensäure}}{CH_2O_2}$$

$$\underset{\text{Ameisensäure}}{CH_2O_2} + O = \underset{\text{Kohlensäure}}{CO_2} + H_2O$$

Soll dies Alles aber kein blosses Spielen mit Formeln sein, so müssen noch weitere Stützpunkte dafür vorliegen, gewisse im Thierorganismus vorkommende Stoffe als Producte der Rückbildung mit genügendem Grunde zu betrachten.

Gegenwärtiger Zustand unserer Kenntnisse über die Zwischenstufen der regressiven Stoffmetamorphose.

In der That fehlt es uns an mehreren derartigen Anhaltspunkten keineswegs, obgleich, wie wir mit Nachdruck hervorheben wollen, man noch weit davon entfernt ist, alle Zwischenstufen der regressiven Stoffmetamorphose zu kennen, vielmehr unsere Kenntnisse derselben äusserst dürftige sind. — Doch hat die neuere organische Chemie Verhältnisse

ermittelt, welche auf die Stellung einzelner Bestandtheile des Thierkörpers in dem Stoffwechsel und ihre Beziehungen zu anderen sehr wichtige Aufschlüsse geben. Die organische Chemie lehrt, dass die pflanzlichen wie thierischen Eiweisskörper durch gewisse chemische Agentien völlig übereinstimmend in der Weise zersetzt werden, dass als Hauptproducte der Zersetzung Asparagin oder Asparaginsäure, Glutaminsäure, sowie Leucin und Tyrosin auftreten (Ritthausen, Hlasiwetz und Habermann). Wenn wir nun die Eiweisskörper der Reservestoffe der pflanzlichen Samen während des Keimprocesses sich in Asparagin, Glutaminsäure, Leucin und Tyrosin spalten sehen, und physiologisch-chemische Untersuchungen es ausser Zweifel gestellt haben, dass Leucin und Tyrosin auch im Thierkörper und zwar in grösster Menge gerade an den Herden eines lebhaften localen Stoffumsatzes: in den Drüsen, vorkommen, so wird es nahe genug liegen und sicherlich nicht ungerechtfertigt erscheinen, dieses Vorkommen der genannten beiden Stoffe auf einen ähnlichen Zerfall der Eiweisskörper im thierischen Organismus zurückzuführen.

Durch Oxydationsmittel wird die Harnsäure in Harnstoff, Allantoin, Oxalsäure und Kohlensäure verwandelt, das Allantoin aber geht seinerseits durch oxydirende Agentien ebenfalls in Harnstoff über. Dass nun die Beziehungen der Harnsäure und des Allantoins zum Harnstoff im Organismus ähnliche sind, ergiebt sich aus mehr wie einer Thatsache. Wir haben gute Gründe für die Annahme, dass im normalen Organismus der höheren Thierclassen die Harnsäure in Harnstoff und Oxalsäure oder Kohlensäure übergeführt wird. So bewirkt Harnsäure, innerlich genommen, nicht eine Vermehrung der Harnsäure im Harn, wohl aber eine Vermehrung des Harnstoffs und Calciumoxalates; der Gehalt des Harns fleischfressender Thiere an Harnsäure ist bei ungestörter Gesundheit der Thiere sehr gering, und bei Pflanzenfressern fehlt sie darin oft gänzlich, während sie in einzelnen Organen derselben nachgewiesen wurde; sie muss daher, bevor sie noch in den Harn gelangt, weiter umgesetzt werden, — so wie aber in Folge von Störungen in der Function einzelner Organe eine Beeinträchtigung des Stoffwechsels und eine verminderte Zufuhr des Sauerstoffs stattfindet, sehen wir nicht selten eine beträchtliche Ausscheidung von Harnsäure erfolgen, es wird sonach in solchen Fällen die Harnsäure nicht weiter zu Harnstoff oxydirt. Auf ähnliche Weise erklärt sich das Auftreten von Allantoin im Harn von Katzen und Hunden bei thierischer Nahrung neben Harnsäure, sowie der Umstand, dass dasselbe nach innerlichem Gebrauche bei normalem Zustande des Organismus im Harn als solches nicht wieder aufgefunden wird. Vergleicht man die Formeln des Guanins, Hypoxanthins (Sarkins), Xanthins und der Harnsäure:

Guanin	$C_5H_5N_5O$
Hypoxanthin . .	$C_5H_4N_4O$
Xanthin	$C_5H_4N_4O_2$
Harnsäure . . .	$C_5H_4N_4O_3$

so fällt nicht nur im Allgemeinen die grosse Analogie der Zusammensetzung auf, sondern man sieht sogleich, dass Hypoxanthin und Xanthin einfach durch Sauerstoffaufnahme, ersteres durch Eintritt von 2, und letzteres von 1 At. Sauerstoff in Harnsäure übergehen könnten sowie, dass Guanin in Hypoxanthin durch Austritt von je 1 At. H und N verwandelt werden könnte. In der That lässt sich das Guanin und das Hypoxanthin durch Behandlung mit Salpetersäure in Xanthin verwandeln, und wenn es noch nicht gelungen ist, das Xanthin in Harnsäure umzuwandeln, so ist dies vielleicht nur deshalb noch nicht geschehen, weil die Schwierigkeit, sich grössere Mengen dieses Stoffes zu beschaffen, eine eingehendere Untersuchung desselben bisher verhindert hat. Dagegen hat aber Strecker[1]) Guanin durch Oxydationsmittel in Xanthin, Parabansäure, Oxalursäure und Harnstoff übergeführt; letztere drei bekanntlich Oxydationsproducte der Harnsäure. Jedenfalls wirft auf die Stellung des Xanthins in der regressiven Stoffmetamorphose schon sein Vorkommen in wenngleich sehr seltenen Harnsteinen ein unzweideutiges Licht, und man wird von keiner Seite einen ernstlichen Widerspruch zu befürchten haben, wenn man dem Guanin, Hypoxanthin und Xanthin in der Rückbildung ihren Platz unmittelbar vor der Harnsäure anweist.

Wenn wir endlich beobachten, dass Kreatin und dass Inosinsäure sich vorzugsweise in dem die Muskeln umspülenden Safte in reichlicherer Menge vorfinden, während sie unter den in gewissen drüsigen Organen stattfindenden Umsetzungen fehlen, so werden wir daraus den Schluss ziehen dürfen, dass sie Producte des Stoffwechsels eines bestimmten Gewebes: des Muskelgewebes seien, und wir werden aber auch darüber nicht lange in Zweifel sein können, wie diese Producte den Endproducten des Stoffwechsels überhaupt zugeführt werden, wenn wir uns daran erinnern, dass Kreatin mit Leichtigkeit in Sarkosin und Harnstoff übergeführt werden kann.

Kann demnach über die gegenseitigen biostatischen Beziehungen mehrerer stickstoffhaltiger im Thierorganismus vorkommender und als Zwischenglieder des Zerfalls derselben erkannter Verbindungen eine Meinungsverschiedenheit kaum bestehen, so ist eine solche allerdings sehr wohl möglich in Bezug auf den Ursprung der stickstofffreien Umsatzproducte. So wissen wir, dass durch Oxydation der Fette die ganze Reihe der homologen Säuren der Formel $C_nH_{2n}O_2$ erhalten werden kann, wir wissen aber anderseits auch, dass mehrere davon, und insbesondere die im Thierkörper vorkommenden, unter den Oxydationsproducten der

[1]) Strecker: Ann. d. Chem. u. Pharm. CVIII, 141; CXVIII, 151.

Eiweisskörper auftreten, dass ferner Leucin in Buttersäure oder Valeriansäure und Ammoniak zerfallen kann; so können wir uns die Oxalsäure als aus Kohlehydraten entstanden denken, aber ebenso gut kann sie sich aus der Oxydation der Harnsäure und anderer Stoffe herleiten, denn wir haben ja so eben gesehen, dass die Bildung der Oxalsäure bei der Oxydation der Harnsäure eine constante und typische ist und wir wissen endlich, dass diese Säure ein ganz allgemeines Oxydationsproduct organischer Körper überhaupt darstellt.

Gesammtbild des Stoffwechsels im Thierkörper.

Ergiebt sich aus dem Mitgetheilten, dass unsere Kenntnisse von den einzelnen Phasen des Stoffwechsels sich noch sehr in der Kindheit befinden, so geht doch auch anderseits daraus hervor, dass wir nicht nur allein seine Anfänge und seine Endproducte kennen, sondern auch gewisse Zwischenproducte desselben. Wir wissen, dass alle Producte des Stoffwechsels, was auch ihre noch ungekannten Zwischenglieder sein mögen, sich endgültig verwandeln in Kohlensäure, Wasser, Harnstoff (Amid der Kohlensäure) und Schwefelsäure (der Schwefel der Eiweiskörper, der in der Form schwefelsaurer Salze austritt). Wir wissen, dass alle diese Stoffe in solche Organe, wie Lunge, Haut und Niere abgesondert werden, deren Inhalt im normalen Lebensprocesse aus dem Körper wieder entfernt wird. Wir wissen ferner, dass dieser Uebergang in die Endproducte nur ein allmähliger ist und zwischen den Anfängen und Endproducten Mittelglieder liegen, von denen einzelne wenigstens bekannt sind.

Specifischer Stoffwechsel in den verschiedenen Organen und Geweben.

Rücksichtlich der Entstehung dieser Mittelglieder kann als gewiss angesehen werden, dass dieselben sich nicht auf alle Organe und Gewebe gleichmässig vertheilen, sondern dass die Umsetzungsproducte bestimmter Organe und Gewebe qualitativ verschiedene Zwischenglieder liefern, dass mithin die Zellen der Organe und Gewebe eigenthümliche Verhältnisse des intermediären Stoffwechsels darbieten. Indem wir uns vorbehalten, auf diese Verhältnisse im weiteren Verlaufe dieses Werkes näher einzugehen und zunächst nur das Allgemeine festhalten, so kommen wir weiterhin zu dem Resultate, dass schon aus der Zusammensetzung vieler während des Stoffwechsels gebildeten Producte sich eine gewisse Beziehung des Sauerstoffs zu ihrer Bildung ergiebt, wobei aber nicht ausser Acht gelassen werden darf, dass namentlich die höheren Glieder derselben vielfach durch Spaltungsvorgänge erzeugt werden; wir können uns andere Producte gebildet denken durch einfache Umlagerung der Atome, andere wieder durch einfache Spaltung in zwei Atomgruppen, wieder andere durch Spaltungsvorgänge von einer theilweisen Oxydation begleitet u. s. w.

Fassen wir aber das Gesammtbild des thierischen Stoffwechsels ins Auge, so stellt es sich als das eines Oxydationsprocesses dar; denn eine Bildung der Endproducte des Stoffwechsels: der Kohlensäure, des Wassers, des Harnstoffs aus den complexen Molecülen der Eiweiskörper, der Fette, der Kohlehydrate ohne energische Mitwirkung des Sauerstoffs ist undenkbar. Da nun sämmtliche Bestandtheile des Thierkörpers, inso-

In wie weit die Auffassung des thierischen Lebensprocesses als eines Verbrennungsprocesses eine berechtigte ist.

ferne sie organischer Natur sind, die Eiweisskörper so gut wie die Fette, diese so gut wie die Kohlehydrate, in die Endproducte des Stoffwechsels, welche wahre Verbrennungsproducte sind, übergeführt werden, so hat die Auffassung des thierischen Lebens als eines Verbrennungsprocesses seine Berechtigung, nur müssen wir dabei nicht vergessen, dass nicht der ganze thierische Chemismus sich ausschliesslich auf Oxydation zurückführen lässt, vielmehr Spaltungsvorgänge, zum Theil eingeleitet durch eigenthümliche Fermente der Oxydation häufig vorhergehen und selbst Reductionsprocesse im Thierorganismus stattfinden können, wie denn die Fettbildung aus Kohlehydraten ein solcher wäre.

Das Pflanzenleben ein synthetischer und ein Reductionsprocess, das Thierleben ein analytischer und ein Oxydationsprocess dem vorwiegenden Charakter nach.

So wie demnach der Chemismus des Pflanzenlebens von dem Momente der Bildung des Chlorophylls: des Reductionsapparates, vorwiegend als ein synthetischer, und zwar als ein Reductionsprocess erscheint, indem sich dabei fortwährend Sauerstoff von den Bestandtheilen der Pflanzennahrung trennt, aus welcher sich die Pflanze ihren Leib aufbaut — ohne dass übrigens Oxydationsvorgänge dabei ausgeschlossen sind (Keimprocess, Verhalten der Pflanzen bei Nacht und Abschluss des Lichtes) — ebenso erscheint der Chemismus des Thierlebens in seinen allgemeinen grossen Umrissen als ein analytischer und zwar als ein Oxydationsprocess, in Folge dessen die der Rückbildung verfallenen Bestandtheile der thierischen Organe und Gewebe zu Kohlensäure, Wasser und Ammoniak verbrannt, und in dieser Form oder in der gleichwerthigen der Kohlensäure, des Wassers und des Harnstoffs aus dem Körper entfernt werden, wobei aber diesem Oxydationsprocesse Spaltungsvorgänge und Reductionen vorher- oder neben ihm einhergehen.

Aus diesen differentiellen Charakteren des Stoffwechsels bei Pflanzen und Thieren einen Gegensatz zwischen beiden zu folgern, wie es früher geschah, ist bei dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft nicht länger statthaft. Das Leben der pflanzlichen und der thierischen Zelle weist auf die Wirkungsäusserungen der gleichen Kräfte hin. Hier wie dort verlaufen fermentative und Oxydationsvorgänge. Hoppe-Seyler[1]) betrachtet den Stoffwechsel der Thiere als eine Kette von Processen, von welchen die ersten fermentativen, der Fäulniss analog verlaufen und Wasserstoff im freien Zustande, oder durch seine Anfügung Reductionsproducte liefern. Bei Mitwirkung von freiem Sauerstoff erfolgt dann aber energische Oxydation, die durch die Zerreissung des Sauerstoffmoleküls mittelst des fermentativ gebildeten Wasserstoffs *in statu nascendi*, und Freiwerden activen Sauerstoffs begründet wird. Die so gebildeten Oxydationsproducte dienen Fermenten abermals als neue Angriffspunkte, u. s. w. Die chemischen Processe in den Pflanzen sind aber von den oben geschilderten nicht grundsätzlich verschieden. Auch hier verlaufen fermentative Processe und nachfolgende Oxydationen, namentlich so lange Chlorophyll nicht vorhanden und von der Sonne nicht belichtet wird.

---

[1]) Hoppe-Seyler: Pflüger's Arch. f. Physiol. Bd. XII, S. 1. Eine sehr lesenswerthe Abhandlung über Gährungen.

Wir haben bisher von der Rückbildung der Organe und Gewebe nur insoferne gesprochen, als es sich dabei um ihre organischen Bestandtheile handelte. Allein Gewebe und Organe entstehen nicht ohne Mitwirkung anorganischer Stoffe, und es müssen daher auch bei ihrem Zerfall die letzteren betheiligt sein; in der That lehrt die Erfahrung, dass diese anorganischen Salze ebenfalls den Gesetzen des Stoffwechsels unterworfen sind, dass sie nicht nur allein den Gewebsbildnern bei der Entwickelung, sondern auch den Auswurfsstoffen bei der Rückbildung folgen.

Ausscheidung der anorganischen Bestandtheile der Organe und Gewebe

Im ungestörten Gleichgewichtszustande des thierischen Organismus tritt eine dem Gehalte der Speisen und des Futters an Alkalien, alkalischen Erden, Eisen, Phosphorsäure und Chlor äquivalente Menge dieser Stoffe wieder aus; denn wäre das nicht der Fall, so müsste eine Anhäufung derselben im Körper und eine Störung des Gleichgewichtszustandes alsbald eintreten. Die Ausscheidung dieser anorganischen Stoffe erfolgt vorzugsweise durch die Nieren und den Darm, allein auch durch den Schleim, die Horngebilde, die Haut werden von der Rückbildung stammende anorganische Stoffe ausgeschieden. Der Harn enthält die löslichen, die Fäces enthalten vorzugsweise die unlöslichen anorganischen Bestandtheile der Nahrung, der Organe und Gewebe. Mit dem Harne treten aber nicht bloss die löslichen anorganischen Producte des Stoffwechsels in der Form aus, wie sie in der Nahrung enthalten sind, sondern dieses Excret enthält auch Salze, die in der zugeführten Nahrung als solche nicht enthalten waren, und die selbst Producte des thierischen Verbrennungsprocesses sind. Bestand die Nahrung aus Brod oder Fleisch, deren Asche nur phosphorsaure Salze enthält, so enthält der Harn die Alkalien, die mit ihm aus dem Körper treten, in der That in Gestalt von phosphorsauren Alkalien. Bestand aber die Nahrung aus Vegetabilien, so enthält der Harn kohlensaure Alkalien, die sich zwar in der Asche der Vegetabilien auch finden, allein in den Vegetabilien selbst nicht enthalten sind. Dieselben enthalten vielmehr pflanzensaure Salze, die bei der Verbrennung im engeren Sinne nicht allein, sondern die auch im thierischen Verbrennungsprocess in kohlensaure Salze verwandelt werden. — Der Harn enthält ausserdem schwefelsaure Alkalien, die der Organismus nicht als solche zugeführt erhielt. Während des Stoffwechsels wird nämlich der Schwefel der Eiweisskörper und seiner Abkömmlinge zu Schwefelsäure verbrannt, die an Alkalien gebunden, oder wohl auch mit organischen Atomcomplexen in gepaarter Verbindung (gepaarte Schwefelsäuren) mit dem Harn den Körper verlässt. Deshalb bedingt eine an Eiweisskörpern reiche Nahrung immer auch eine Vermehrung der schwefelsauren Salze im Harn.

Darmausscheidung.

Das Darmexcret enthält die unassimilirten und unassimilirbaren Ueberreste unserer Speisen, ausserdem aber gewisse Zersetzungsproducte der Galle, Darmsaft, Schleim und überhaupt solche Stoffe, welche in dem Darmcanal secernirt werden. Obgleich auch die Fäces in einer bestimmten Beziehung zu den Vorgängen des Stoffwechsels

stehen, so geben sie doch kein Maass für den Stoffwechsel, denn durch sie treten auch Stoffe aus, welche gar nicht Bestandtheile des Blutes und der Gewebe gewesen sind.

Die Hauptorgane für die Ausscheidung der Endproducte des Stoffwechsels sind Lunge, Nieren und Haut. In dem ganzen Gewicht der Ausscheidungen beträgt das der Darmausscheidung nur einen kleinen Bruchtheil.

Schliesslich mag hier noch erwähnt werden, dass erhöhte Thätigkeit des Organismus oder einzelner Organe den Zerfall und die Neubildung derselben beschleunigt, sonach die regressive Stoffmetamorphose wesentlich beeinflusst. Durch die Auswurfsstoffe, die der gesunde Thierkörper in einer gegebenen Zeit und unter gegebenen Bedingungen entleert, lässt sich die Energie des Stoffwechsels messen. Sie steht dazu in einem bestimmten Verhältnisse.

Ueber den Modus, nach welchem in den Thieren die chemischen Vorgänge des Stoffwechsels vor sich gehen.

In den vorstehenden Betrachtungen über die Metamorphosen des Stoffes im thierischen Organismus sind dafür mancherlei Anhaltspunkte gegeben und erhellt namentlich daraus zur Genüge, dass der Grundcharakter der thierischen Stoffmetamorphose der des Zerfalls der organisirten und organisationsfähigen Körperbestandtheile in immer weniger complexe, der Organisation nicht mehr fähige Molecüle ist; nicht minder aber, dass bei diesen Vorgängen der Sauerstoff eine hervorragende Rolle spielt. Aber wir haben bereits S. 40 hervorgehoben, dass mit Oxydationsprocessen auch Gährungs- und Spaltungsprocesse concurriren, ja, neben letzteren gleichzeitig Oxydationserscheinungen einhergehen; ja, dass der thierische Stoffwechsel auch Synthesen nicht ausschliesst. Obgleich wir diese Sätze zu begründen im Verlaufe des Werkes noch genug Veranlassung haben werden, so erscheint es doch gerathen, uns hier schon über das Wesen der sogenannten Fermentationsprocesse oder Gährungen mit unseren Lesern zu verständigen, da es die Natur der Sache mit sich bringt, dass sich über diese Vorgänge allerlei unklare Vorstellungen und Missverständnisse geltend machen können.

Ferment und Gährung.

Ferment. Begriff.

Wir verstehen unter Fermenten gewisse von lebenden Organismen abstammende organische Körper, welche unter bestimmten Bedingungen die Fähigkeit besitzen, mit den Molecülen organischer Verbindungen pflanzlicher oder thierischer Abstammung in Berührung, Gleich-

gewichtsstörungen hervorzurufen, in Folge deren Molecüle von zusammen geringerer Verbrennungswärme entstehen, als diejenige ist, welche den organischen Verbindungen vor ihrer Veränderung durch das Ferment zukam, und ohne dass dabei die Zersetzung bewirkende Fermente im gewöhnlichen chemischen Sinne durch ihre Affinitäten thätig zu sein scheinen.

Gährung.

Eine derartige durch ein Ferment eingeleitete Zersetzung organischer Molecüle bezeichnen wir als Gährung oder Fermentation, und die einer derartigen Umwandlung fähigen Körper als gährungsfähige.

Bedingungen der Gährungen.

Das Eintreten von Gährungsvorgängen ist aber vor Allem an zwei Bedingungen geknüpft, 1) an die Gegenwart von Wasser, und 2) an eine gewisse Temperatur. Bei Abwesenheit von Wasser bleiben die Fermente unwirksam und ebenso bei allen Temperaturen unter 0^0 und bei der Temperatur des kochenden Wassers. Frostkälte und Siedhitze verhindern den Beginn und sistiren den Fortschritt der Gährungsprocesse. Die Gährungsvorgängen günstigste Temperatur liegt zwischen $+4^0$ und $+40^0$. Auch ist in manchen Fällen die Temperatur von Einfluss auf die Gährungsproducte, so dass ein gährungsfähiger Körper bei verschiedenen Temperaturen auch verschiedene Producte der Gährung liefert. Die Fermente endlich werden unwirksam auch durch die Einwirkung verschiedener chemischer Agentien, wie Weingeist, starke Mineralsäuren, Arsenik, Chlor, Metallsalze, Salicylsäure, Phenol, Kreosot u. a. m.

Gährungswidrige Agentien.

Gemeinsame Charaktere der Fermente.

Den verschiedenen Fermenten gemeinsam sind nachstehende Charaktere:

1. Alle sind pflanzlichen oder thierischen Ursprungs und in hohem Grade zersetzlich, werden aber beim Gährungsvorgange, wie es scheint, selbst nicht zersetzt (Hoppe-Seyler).
2. Alle zersetzen Wasserstoffsuperoxyd mehr oder minder lebhaft.
3. Kleine Mengen davon reichen hin, um grosse der gährungsfähigen Stoffe umzuwandeln.

Eintheilung derselben.

Nach ihrer Natur theilt man die Fermente in zwei Gruppen ein:

1. Fermente, welche Attribute lebender aus einfachen Zellen bestehender, oder jedenfalls sehr elementarer Organismen sind: geformte, organisirte Fermente (*Saccharomyces*, Milchsäurehefe, Vibrionen, Bacterien).
2. Fermente, welche insgesammt von lebenden Organismen, innerhalb deren sie sich bilden, abstammen, aber löslich und nicht organisirt sind: ungeformte Fermente: Enzyme oder Zymasen. Es gehören hierher die meisten im Thierorganismus thätigen Fermente. Ihre specifische Wirkung ist jener der sogenannten geformten Fermente vollkommen analog.

Hoppe-Seyler hat gegen diese wenig rationelle Unterscheidung mit Recht gewichtige Bedenken geltend gemacht [1]). Welcher ist nun der Wirkungsmodus der Fermente? Wir stehen hier vor einem noch vielfach Räthselhaften.

Gährungstheorien.

An Gährungstheorien, welche die Frage zu lösen versuchen, fehlt es nicht, aber keine derselben konnte und zwar mit Recht bisher zu allgemeinerer Geltung gelangen. Nach den wichtigen Untersuchungen von Pasteur kann nicht länger bezweifelt werden, dass bei gewissen Gährungen (Alkoholgährung, Milchsäuregährung, Buttersäuregährung) das Wirksame lebende pflanzliche und thierische entwickelungsfähige Keime seien, die in der atmosphärischen Luft vorhanden sind, mit dem gährungsfähigen Körper einmal in Berührung, sich ohne weitere Einwirkung der Luft auf Kosten der gährungsfähigen Körper entwickeln und damit die Gährung hervorrufen. Die Art ihrer chemischen Wechselwirkung mit dem gährungsfähigen Körper ist aber nicht aufgeklärt und passt im Uebrigen diese Theorie für die sogenannten ungeformten Fermente gar nicht. Augenscheinlich ist hier eine bedenkliche Lücke, denn der Satz: gleiche Wirkungen, gleiche Ursachen kommt hier zu Schaden.

Sicher ist es, dass die Gährungsvorgänge nach den besonderen Bedingungen, unter denen sie auftreten, durch eine Kraft eingeleitet werden, die von jenen Kräften verschieden ist, womit der Chemiker in den Laboratorien Wirkungen erzielt, und dass die Fermente, geformte wie ungeformte, die Träger dieser uns heute noch verschleierten Kraft sind.

Eigenschaften der ungeformten Fermente (Enzyme).

Die Beschreibung der organisirten Fermente fällt der Botanik und Zoologie zu; die Enzyme oder Zymasen aber sind noch sehr wenig bekannt, und es erscheint zweifelhaft, ob wir nur überhaupt ein einziges dieser löslichen Fermente im reinen Zustande kennen. Nach ihrer Zusammensetzung, so weit man dieselbe zu ermitteln versucht hat, stehen sie den Eiweisskörpern insoferne nahe, als sie wie diese Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Schwefel und Stickstoff enthalten, auch sind ihnen Eiweisskörper immer beigemengt; im Allgemeinen sind sie kohlenstoff- und stickstoffärmer wie letztere. Getrocknet sind sie amorph, weiss bis gelblich, pulverig oder auch wohl gummiähnlich. Sie lösen sich in Wasser leicht, auch in Glycerin, und werden aus diesen Lösungen durch Alkohol oder Gemische von Alkohol und Aether, ohne ihre Wirksamkeit einzubüssen, gefällt. Auch durch Sublimat und durch Bleisalze werden sie gefällt; es scheint aber, dass bei den Fällungen mit Metallsalzen die Zymasen mit den dabei sich ausscheidenden begleitenden Eiweisskörpern nur mechanisch mitgerissen würden. Diese Thatsache, dass Ausscheidungen starrer Körper aus Flüssigkeiten die Zymasen so leicht mit sich niederreissen, hat zu verschiedenen Versuchen ihrer Reindarstellung geführt.

---

[1]) Hoppe-Seyler, Lehrb. d. physiol. Chemie, S. 114.

Die organisirten und die sogenannten ungeformten Fermente zeigen in ihrem Verhalten gewisse Unterschiede, welche in zweifelhaften Fällen zu ihrer Unterscheidung dienen können. Organisirte Fermente werden durch comprimirten Sauerstoff innerhalb eines gewissen Zeitraums durch Tödtung der Fermentorganismen unwirksam, während ungeformte Fermente dadurch ihre Wirkungen nicht einbüssen (Bert). Boraxlösung dagegen macht ungeformte Fermente unwirksam, hemmt aber die Wirkung organisirter Fermente nicht (Dumas, Schützenberger). Endlich wirkt, wie Kolbe entdeckte, und wie es durch alle späteren Beobachter bestätigt wurde, Salicylsäure sehr energisch gährungswidrig bei vielen organisirten Fermenten, vor allem bei den Fäulnissgährung bedingenden Bacterien, während die Behandlung enzymhaltiger Flüssigkeiten und Gewebe mit Salicylsäure ein ausgezeichnetes Mittel ist, um unter Ausschluss aller Bacterienfäulniss enzymotische Wirkungen zu untersuchen, und die Enzyme zu isoliren (Erlenmeyer, W. Kühne).

Unterscheidende Merkmale zwischen geformten und ungeformten Fermenten.

Bemerkenswerth ist es, dass die Enzyme, so weit man sie isolirt hat, einen ungewöhnlich hohen Aschengehalt besitzen (8 Proc. und mehr!).

Gährungsfähige Körper liefern bei der Gährung Spaltungsproducte, deren Natur von jener der Fermente abhängig ist, so dass ein und derselbe gährungsfähige Körper unter der Einwirkung verschiedener Fermente auch verschiedene Gährungsproducte liefert. So spaltet sich der Traubenzucker unter der Einwirkung des organisirten Fermentes: Hefe in Alkohol und Kohlensäure, während er durch ein anderes, ebenfalls organisirtes Ferment Milchsäure, und secundär Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoffgas liefert. Anderseits aber ruft zuweilen ein und dasselbe Ferment bei einer ganzen Reihe organischer Verbindungen ähnlicher Molecularstructur analoge Umwandlungen hervor (Wirkung des Emulsins auf Glykoside).

Die Gährungsproducte sind verschieden je nach der Natur der Fermente.

In Nachstehendem geben wir eine sehr übersichtliche Classification der Gährungsprocesse nach Hoppe-Seyler[1]). Dieselben stellen sich ihrem Wesen nach dar als:

Classification der Gährungen nach Hoppe-Seyler.

I. Umwandlung von Anhydriden in Hydrate.

A. Die Fermente wirken wie verdünnte Mineralsäuren bei Siedetemperatur.

1. Uebergang von Amylum oder Glykogen in Dextrin und Traubenzucker, für Amylum wahrscheinlich nach der Gleichung[2]):

Umwandlung von Anhydriden in Hydrate

$$\underset{\text{Amylum}}{C_{24}H_{40}O_{20}} + 3\,H_2O = \underset{\text{Dextrin}}{C_6H_{10}O_5} + \underset{\text{Traubenzucker}}{3(C_6H_{12}O_6)}$$

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. v. Pflüger XII, S. 1.

[2]) Musculus: Ann. de chim. et de phys. (3) IX. 203 und (4) VI. 177.

2. Umwandlung von Rohrzucker in Traubenzucker und Fruchtzucker durch ein in der Bierhefe reichlich, aber auch in höheren Pflanzen vorkommendes Ferment (ferment inversiv):

$$\underset{\text{Rohrzucker}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = \underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Fruchtzucker}}{C_6H_{12}O_6}$$

Fermente, welche Kohlehydrate der Stärkegruppe in Zucker verwandeln: diastatische Fermente, sind im Pflanzen- und Thierreiche gleich sehr verbreitet.

3. Umwandlung von Glykosiden in Zucker und aromatische Spaltungskörper durch Emulsin. Z. B.:

$$\underset{\text{Salicin}}{C_{13}H_{18}O_7} + H_2O = \underset{\text{Zucker}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Saligenin}}{C_7H_8O}$$

Es ist eine grosse Zahl derartiger Gährungen bekannt; für den thierischen Stoffwechsel haben sie keine Bedeutung.

4. Spaltung von organischen Schwefelverbindungen in Zucker, Schwefelsäure und ein sogenanntes Senföl durch Myrosin. Z. B.:

$$\underset{\text{Myconsaures Kalium}}{C_{10}H_{18}KNS_2O_{10}} = SO_4HK + \underset{\text{Zucker}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Senföl}}{C_4H_5NS}$$

Eine Wasseraufnahme findet übrigens bei diesem Vorgange nach obiger Formel nicht statt.

B. Die Fermente wirken wie Aetzalkalien in der Wärme. Fermentative Verseifung.

Fermentative Verseifung.

Hierher gehören die Spaltung der Ester, namentlich der Fette, in Glycerin und Fettsäuren (fettzerlegende Fermente). Ein derartiges Ferment ist in der Bauchspeicheldrüse nachgewiesen. Faulende Stoffe enthalten ein Ferment, welches die Fette bei Gegenwart von Calciumcarbonat und hinreichend hoher Temperatur schnell, unter $+ 20^0$ langsam spaltet. Auf solche Weise entsteht das Leichenwachs (Adipocire): palmitinsaures und stearinsaures Calcium.

2. Zerlegung von Amiden unter Wasseraufnahme durch Fäulnissfermente, z. B.:

$$\underset{\text{Harnstoff}}{CH_4N_2O} + 2H_2O = \underset{\text{Ammoniumcarbonat}}{CO_3(NH_4)_2}$$

$$\underset{\text{Taurocholsäure}}{C_{26}H_{45}NSO_7} + H_2O = \underset{\text{Taurin}}{C_2H_7NSO_3} + \underset{\text{Cholsäure}}{C_{24}H_{40}O_5}$$

Hierher gehören auch die Spaltungen der Eiweissstoffe, der Albuminoide durch eiweissspaltende (peptonisirende) Fermente. Isolirt ist noch keines dieser Fermente. Auch ist es fraglich, ob die eigentlichen peptonisirenden Fermente in diese Kategorie gehören.

II. Fermentative Umwandlungen mit Uebergang von Sauerstoff und Wasserstoff an Kohlenstoffatome.

Allen diesen Processen gemeinsam ist die Entwickelung von Kohlensäure, oder die Bildung einer Carboxylgruppe, die vorher nicht vorhanden war; daneben findet entweder Entwickelung von Wasserstoffgas statt, oder eine entsprechende Reduction eines Theils der neugebildeten Molecüle. Hierher gehören: die geistige Gährung, die Milchsäuregährung und endlich die Fäulnissgährung. Als Beispiele wählen wir nur solche, welche für den thierischen Stoffwechsel von Bedeutung sind.

Fermentative Umwandlungen mit Uebergang von Sauerstoff und Wasserstoff an Kohlenstoffatome.

a. Milchsäuregährung. Spaltung von Milchzucker, Inosit und anderen Kohlehydraten durch ein in der Milch, aber auch zuweilen in der Bierhefe spontan sich entwickelndes organisirtes Ferment (Pasteur).

Hoppe-Seyler[1]) glaubt, dass die Gährung des Milchzuckers mit der Bildung von Carboxyl und gleichzeitiger Reduction einer anderen Moleculargruppe zu Methyl verbunden sei, indem er dabei die von Fittig[2]) für die Kohlehydrate aufgestellten Structurformeln zu Grunde legt. Demnach würde der Milchzucker bei der Gährung zunächst zu zwei Zuckermolecülen und dann in vier Molecüle Milchsäure zerfallen:

$$\underset{\text{Milchzucker}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = \underset{\text{Lactose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Lactose}}{C_6H_{12}O_6}$$

$$\underset{\text{Lactose}}{2(C_6H_{12}O_6)} = \underset{\text{Milchsäure}}{4(C_3H_6O_3)}$$

b. Buttersäuregährung. Milchsaures Calcium liefert buttersaures und kohlensaures Calcium neben Kohlensäure und Wasserstoff:

$$\underset{\text{2 Mol. Calciumlactat}}{(C_3H_5O_3)_4Ca_2} = CO_3Ca + 3CO_2 + 4H_2 + \underset{\text{Calciumbutyrat}}{(C_4H_7O_2)_2Ca}$$

c. Aepfelsaures Calcium liefert Calciumcarbonat und Calciumlactat und letzteres zerfällt nach b. zu Calciumcarbonat und Calciumbutyrat. Durch Wasserstoff *in statu nascendi* wird dabei ein Theil der Aepfelsäure in Bernsteinsäure verwandelt.

Hierher gehört auch die Fäulnissgährung der Eiweisskörper. Wasserstoffentwickelung findet bei dieser Zersetzung nicht statt, reichlich aber Kohlensäureentwickelung.

Für den thierischen Stoffwechsel sind die wichtigsten Fermente und zugleich die im thierischen Organismus verbreitetsten:

Im Thierkörper nachgewiesene Fermente.

a. Diastatische, zuckerbildende Fermente. Sie finden sich im Speichel, im Pankreassafte, in der Leber und vielleicht auch im Blute.

---

[1]) Lehrbuch der physiol. Chem. S. 120 u. a. a. O.

[2]) Ueber die Constitution der Kohlehydrate etc. Progr. Tübingen 1871.

b. Peptonbildende, Eiweisskörper spaltende Fermente, im Magensaft, Bauchspeichel mit Sicherheit nachgewiesen, möglicher Weise auch im Speichel vorhanden.

c. Fettzerlegende Fermente: Neutralfette in Glycerin und freie Fettsäuren zerlegend, im Pankreassafte.

Alle diese Fermente bezeichnet man wohl auch als hydrolitische, weil die durch sie verursachten Spaltungen meist unter Aufnahme von Wasser erfolgen.

Fäulnissgährung bei Gegenwart von Sauerstoff.

Die fermentativen Processe der letzten Categorie, bei welchen Wasserstoff in *statu nascendi* auftritt, werden durch Gegenwart atmosphärischen Sauerstoffs wesentlich beeinflusst. In diesem Falle verbinden sich von dem freiwerdenden Wasserstoff je 2 Atome Wasserstoff mit 1 Atom Sauerstoff zu Wasser, und das von dem Sauerstoffmolecul O_2 noch übrigbleibende einzelne Atom Sauerstoff ist Sauerstoff in *statu nascendi* und demnach der energischsten Oxydationswirkungen fähig. Hieraus erklärt sich die mit aller Sicherheit constatirte Thatsache, dass Fäulnissgährung bei Zutritt der Luft die kräftigsten Oxydationswirkungen veranlasst, (Salpeterbildung, Mangel von Wasserstoff und Sumpfgas in der Atmosphäre u. s. w.), und hierin liegt aber auch der Schlüssel zum Verständniss zahlreicher Stoffwechselvorgänge, zur Erklärung des Nebeneinanderhergehens fermentativer und oxydirender Processe; denn die ersteren finden im lebenden Organismus stets den Sauerstoff, der zur Oxydation des fermentativ gebildeten Wasserstoffs erforderlich ist und Activwerden des Sauerstoffs im Gefolge hat. Hiernach ist es auch verständlich, 1, dass im thierischen Organismus reducirte Stoffe (Urobilin, Bernsteinsäure u. a.) im Harne den Körper verlassen, neben unzweifelhaften Oxydationsproducten, dass ferner 2) viele sehr oxydable Stoffe durch den Organismus unoxydirt hindurchgehen können, und 3) dass zwischen Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme in den lebenden Organismen nicht immer ein constantes Verhältniss stattfindet, und endlich 4) dass sich im Organismus kein Ozon findet und gleichwohl die Oxydationsvorgänge im Organismus so energisch verlaufen, wie durch Ozon bewirkt (Pflüger, Hoppe-Seyler).

Der Unterschied, welcher zwischen der directen Verbrennung organischer Stoffe durch Sauerstoff einerseits und der fermentativen Entwickelung der Kohlensäure aus organischer Substanz unter Mitwirkung des Wassers, nachfolgender Oxydation frei werdenden Wasserstoffs, und Activwerden des atmosphärischen, eingeathmeten Sauerstoffs anderseits besteht, ist jener der Verbrennung und der Fäulniss bei Zutritt von Sauerstoff (Verwesung), gleichzeitig aber auch jener der Verbrennung und der nach chemischen Gesetzen erfolgenden Lebensvorgänge.

Die letzteren, soweit es sich um Zerfall und nicht um Aufbau handelt: die Vorgänge der regressiven Stoffmetamorphose sind der Verwesung verwandt.

Zweiter Abschnitt.

Von den chemischen Bestandtheilen des Thierkörpers.

Die Eigenschaften der im Thierkörper vorkommenden chemischen Verbindungen sollten strenge genommen als bekannt vorausgesetzt werden, denn auch sie werden in jedem Lehrbuche der anorganischen und organischen Chemie beschrieben. Wir haben sie deshalb, und zwar nur jene der organischen Stoffe, möglichst kurz und nur das für unseren Zweck Wichtigste hervorhebend, gleichsam recapitulirend abgehandelt.

Wir werden die chemischen Bestandtheile des Thierkörpers nach ihrer mehr oder weniger genau erkannten Stellung im Stoffwechsel abhandeln und wenn wir von diesem Standpunkte ausgehen, so zerfallen sie zunächst in drei Hauptgruppen. Die

Eintheilung der chemischen Bestandtheile des Thierorganismus nach ihrer Stellung im Stoffwechsel.

I. Gruppe umfasst diejenigen chemischen Bestandtheile des Thierkörpers, die als solche fertig gebildet von Aussen aufgenommen und die mit wenigen Ausnahmen auch als solche aus dem Körper wieder ausgeschieden werden: Anorganische Bestandtheile des Thierkörpers. Die

II. Gruppe begreift diejenigen Stoffe in sich, die wenn auch zum Theil dem Organismus bereits fertig gebildet zugeführt, um zu Theilen des Organismus zu werden, einer vorgängigen Assimilation, bestehend in molecularen Umlagerungen, oder wenig tiefgreifenden chemischen Metamorphosen bedürfen, und die als solche im normalen Zustande des Organismus nur in seltenen Ausnahmefällen aus dem Körper ausgeschieden werden: Gewebsbildner.

III. Gruppe. Stoffe, deren Bildung im Organismus selbst erfolgt und zwar durch Desassimilation, d. h. durch secretbildende Processe, oder den Zerfall der Gewebe und Organe: Producte der regressiven Stoffmetamorphose im engeren und weiteren Sinne. Sie werden aus dem Organismus als solche, oder nachdem sie zu den Endproducten verbrannt sind, ausgeschieden

Erste Gruppe.

Anorganische Bestandtheile des Thierkörpers.

Anorganische Bestandtheile des Thierkörpers.

Die anorganischen Bestandtheile des Thierkörpers werden demselben zum grössten Theile bereits fertig gebildet zugeführt, und verlassen den Körper auch meist in derselben Form, in der sie ihn betreten haben. Die bemerkenswertheste Ausnahme machen die zum grössten Theil erst im Organismus gebildete Kohlensäure, das von der Oxydation des Wasserstoffs der organischen Bestandtheile stammende Wasser, und die Schwefelsäure der, hauptsächlich durch den Harn ausgeschiedenen schwefelsauren Salze, die zum Theile von dem Schwefel der Eiweisskörper stammt. Die anorganischen Körperbestandtheile sind demselben sonach keineswegs eigenthümlich, sondern finden sich auch in der unbelebten Natur und im Pflanzenreiche. Sie stammen, wie bereits im vorigen Abschnitte auseinandergesetzt wurde, von dem Boden, und gehen aus diesem in die Pflanzen und von letzteren in die Thiere über.

Vorkommen.

Sie finden sich im Allgemeinen in allen thierischen Flüssigkeiten und Geweben, doch mit Ausnahme der Knochen und Zähne in vorwiegender Menge in ersteren. Einige kommen in allen Geweben und thierischen Flüssigkeiten vor, wie z. B. Wasser und Kochsalz, während andere, wie z. B. die Respirationsgase, auf gewisse Organe beschränkt sind.

Das Gesammtgewicht der anorganischen Körperbestandtheile, das Wasser natürlich mit eingeschlossen, überwiegt jenes der organischen Stoffe.

Die anorganischen Bestandtheile thierischer Organismen sind folgende:

I. Wasser.

II. Gase:

Sauerstoffgas.
Wasserstoffgas.
Stickstoffgas.
Kohlensäuregas.
Sumpfgas.
Schwefelwasserstoffgas.

III. Salze:

Chlornatrium.
Chlorkalium.
Chlorammonium.
Fluorcalcium.
Magnesiumcarbonat.
Natriumphosphat.
Kaliumphosphat.
Calciumphosphat.
Magnesiumphosphat.
Ammonium-Magnesiumphosphat.
Natriumcarbonat.
Kaliumcarbonat.
Ammoniumcarbonat.
Calciumcarbonat.
Natrium-Ammoniumphosphat.
Ammoniumnitrat.
Ammoniumnitrit.
Alkalisulfate.
Calciumsulfat.

IV. Freie Säuren.

Chlorwasserstoffsäure.
Schwefelsäure.

V. Elemente, deren Verbindungsform nicht mit Sicherheit ermittelt ist:

Silicium.
Eisen.
Mangan.
Kupfer.
Blei.

Ausserdem sollen auch noch Spuren von Wasserstoffsuperoxyd im thierischen Organismus unter gewissen Bedingungen vorkommen (?). Von den angeführten Stoffen sind einige, wie Sumpfgas, Schwefelwasserstoffgas, Ammoniumcarbonat, Kupfer und Blei, als mehr zufällige oder nicht normale Bestandtheile des Thierorganismus zu betrachten, während salpetrigsaures und salpetersaures Ammonium nur in Spuren vorkommen und die Schwefelsäure als freie Säure nur in einem Secrete wirbelloser Thiere nachgewiesen wurde. Bezüglich des behaupteten Vorkommens von unterschwefligsauren Salzen im Harne von Katzen vergl. weiter unten.

Aggregatzustand.

Was die oben aufgeführten Salze betrifft, so finden sie sich zum grossen Theil in Lösung, andere dagegen sind in fester Form abgelagert und einzelne kommen auch wohl krystallisirt vor.

Auch die gasförmigen Bestandtheile sind unter gewissen Umständen im Körper in Flüssigkeiten gelöst. Aber kein anorganischer Bestandtheil des thierischen Organismus ist während der ganzen Lebensdauer in starrer Form, sei es amorph oder krystallisirt, abgelagert; es ist vielmehr ein allgemeines Gesetz, dass die anorganischen Bestandtheile des Thierkörpers einem beständigen Wechsel des Aggregatzustandes unterworfen sind; denn die in Lösung aufgenommenen

werden erst im Organismus als Bestandtheile von Geweben abgelagert, müssen aber bei dem Zerfall der letzteren, um den Körper verlassen zu können, wieder flüssig werden. Das allgemeine Auflösungsmittel für alle diese Stoffe ist das Wasser, allein diese Auflösung wird in vielen Fällen durch die Gegenwart anderer gelöster Stoffe bedingt, so dass im Körper Stoffe aufgelöst vorkommen, die ausserhalb des Organismus sich in reinem Wasser nicht auflösen. Die Alkalien, die Chlormetalle, die kohlensauren Alkalien und freie Kohlensäure spielen in dieser Beziehung eine sehr bedeutsame Rolle.

Chemisches Verhalten.

Das chemische Verhalten der anorganischen Bestandtheile des Thierkörpers ist im Allgemeinen dasselbe, welches sie auch ausserhalb des Organismus zeigen, doch wird selbes durch die complexe Natur der Stoffe, welche sie begleiten, mehr oder weniger wesentlich modificirt. So werden, wenn man den galvanischen Strom durch ein thierisches Gewebe leitet, die Chloride und Sulfate allerdings auch zersetzt, allein statt frei zu werden, übertragen sich die Säuren und die Basen auf die gleichzeitig vorhandenen organischen Stoffe und bewirken chemische Veränderung: Coagulation, Auflösung oder Zersetzung derselben.

Nur selten aber zeigen die gelösten anorganischen Bestandtheile des Organismus ihre chemischen Reactionen in der Reinheit wie ausserhalb desselben in einfachen Lösungen; die anorganischen Bestandtheile des Harns zwar lassen sich auf gewöhnliche Weise durch chemische Reactionen nachweisen, nicht aber alle Salze des Blutes und anderer Ernährungsflüssigkeiten, wobei nicht nur die störende Gegenwart anderer Stoffe, sondern auch wohl der Umstand in Rechnung kommt, dass viele davon wahrscheinlich an organische Stoffe in uns bis jetzt noch nicht näher bekannter Weise gebunden sind.

Physiologische Bedeutung.

Was die physiologische Bedeutung der anorganischen Körperbestandtheile anlangt, so ist vor allem zu erwähnen, dass sie eine nur theilweise gekannte, aber insoferne sie gekannt ist, eine sehr wichtige ist. Ganz abgesehen von den Respirationsgasen und ihrer Rolle im Lebensprocesse, sind anorganische Bestandtheile zur Bildung jedes Gewebes unentbehrlich, ja einzelne Gewebe, wie z. B. das Knochengewebe, verdanken ihren anorganischen Bestandtheilen geradezu ihren eigenthümlichen Typus. Ueberhaupt aber wo Organisation, wo Zellenbildung stattfindet, da müssen nothwendigerweise gewisse anorganische Salze mitwirken. Keine Elementarzelle kann sich ohne gewisse anorganische Salze bilden. So ist z. B. das Calciumphosphat nicht allein unentbehrlich für die Entwikelung des Knochengewebes, sondern es ist auch ein unzertrennlicher Begleiter aller histiogenetischen Stoffe, z. B. der Eiweisskörper. So sprechen zahlreiche Thatsachen dafür, dass Chlornatrium eine für die Zellenbildung sehr wesentliche Substanz ist, dass die Blutkörperchen zu ihrer Bildung des Eisens und des phosphorsauren Kaliums bedürfen u. s. w. und es erklärt sich hieraus zur Genüge,

warum der Ernährungswerth aller wesentlichen organischen gewebsbildenden Verbindungen gleich Null ist, wenn sie dem Organismus mit Ausschluss der anorganischen Salze dargeboten werden.

Ausscheidung.

Alle anorganischen Bestandtheile des Thierkörpers werden wieder aus dem Organismus entfernt, und zwar meist in derselben Form. Der freie Sauerstoff tritt zum Theil nicht mehr als solcher, sondern in der Form von Wasser und Kohlensäure wieder aus. Diejenigen anorganischen Stoffe, welche in Folge von pathologischen Veränderungen sich im Organismus selbst in fester Form ausscheiden, müssen wie alle festen Stoffe überhaupt vor ihrem Austritte wieder flüssig werden; geschieht dies nicht, so geben sie Veranlassung zur Bildung von Concretionen, Incrustationen, Ossificationen u. s. w.

Die Ausscheidung der anorganischen Körperbestandtheile erfolgt durch Haut, Lunge, Nieren und Darm. Während durch Haut und Lungen vorzugsweise die Gase austreten, werden die Salze durch Nieren und Darm, in grösster Menge aber durch erstere ausgeschieden; durch den Darm aber treten auch gewisse Gase, durch Zersetzungsvorgänge innerhalb desselben erzeugt, nach aussen. Bei dem Embryo sind die Ausscheidungen sehr gering, das Aufgenommene wird hier grösstentheils zum Aufbau der Gewebe verwendet. Auch bei dem Greise werden die Ausscheidungen der anorganischen Stoffe gehemmt, und daher die zu Concretionen, Ossificationen und dergleichen Veranlassung gebende Anhäufung derselben im Blute.

Die Zusammensetzung der Asche gestattet keinen vollgültigen Rückschluss auf die Verbindungsform der anorganischen Stoffe im Organismus.

Wir dürfen aber am Schlusse dieser allgemeinen Auseinandersetzungen nicht verschweigen, dass die Zusammensetzung der Asche, d. h. des Verbrennungsrückstandes eines Organs oder einer thierischen Flüssigkeit, keineswegs einen vollgültigen Schluss erlaubt auf die Verbindungsformen der anorganischen feuerbeständigen Stoffe in der ursprünglichen organischen Substanz. Unter dem Einflusse des atmosphärischen Sauerstoffs, unter der reducirenden Einwirkung der Kohle können Oxydationen und Reductionen stattfinden, können sich auch gewisse Verbindungen in anderer Weise gruppiren, können sich endlich Stoffe verflüchtigen. So finden wir organischsaure Salze in der Asche als kohlensaure wieder, und es ist daher in der Asche nachgewiesenes kohlensaures Alkali keineswegs immer als solches in der unzerstörten Substanz enthalten, der Schwefel der Albuminstoffe und Albuminoide verwandelt sich in schwefelsaure Salze, der Phosphor des Lecithins findet sich in der Asche des Gehirns in der Gestalt von Phosphorsäure; Ammoniaksalze finden wir in der Asche ihrer Flüchtigkeit halber gar nicht, dreibasisch-phosphorsaure Salze können sich in zweibasische, zweibasische in einbasische verwandeln, schwefelsaure und phosphorsaure Verbindungen können durch die reducirende Einwirkung der Kohle zum Theil in Schwefel- und Phosphormetalle verwandelt werden, Chlormetalle können sich zum Theil bei unzweckmässig geleiteter Einäscherung verflüchtigen u. s. w.

a. Im Thierorganismus vorkommende Gase.

Sauerstoffgas.

Literatur: Liebig: Chemische Briefe. 4. Aufl. Bd. II. S. 21 u. ff. — Ludwig: Lehrbuch der Physiologie. 2te Aufl. Bd. II. S. 20 u. ff. — Magnus: Poggendorff's Ann. Bd. XL u. Bd. LXVI. — Nasse: Handwörterb. der Physiologie Bd. I. S. 177. — Lothar Meyer: Zeitschrift für rat. Med. N. F. Bd. VIII. — Fernet: Ann. des sciences naturell. IV. Tom. VIII. S. 125. — W. Müller: Wiener akad. Sitzungsberichte Bd. XXXIII. S. 99. — Regnault u. Reiset: Compt. rend. T. XXVI. p. 17. — A. Schmidt: Ozon im Blute. Dorpat 1862. — Derselbe: Hämatologische Studien. Dorpat 1865. — Schönbein: München akad. Sitzungsber. 1863. I. 274. 265; II. 117; 1864. I. 134; Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 92. 168. — Nawrocki: De Claudii Bernardi methodo oxygenii copiam in sanguine determinandi. Dissert. inaug. Wratislaviae 1863; Zeitschr. für analyt. Chemie 1863. S. 117. — J. Sachs: Arch. f. Anat. u. Physiologie. 1863. S. 345. — J. Assmuth: Ueber die Einwirkung des Wasserstoffhyperoxydes auf die physiologische Verbrennung, Dorpat 1864. — W. Kühne u. G. Scholz: Archiv f. path. Anatomie. Bd. XXXIII. S. 96. — v. Gorup-Besanez, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. CX. S. 86. Bd. CXXV. S. 207. — Estor et Saintpierre: Journ. de l'anat. et de la physiol. II. 302. — Rollet: Wiener akad. Sitzungsber. LII, S. 246. — W. Preyer: Centralbl. für d. med. Wissensch. 1866. S. 321. — Pflüger: Centralbl. für d. med. Wissensch. 1867. S. 722. — Derselbe: Arch. f. Physiologie I. S. 274. — Derselbe: ebenda I. 361. — Al. Schmidt: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1867. S. 356. — Derselbe: Ber. d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Math. phys. Cl. Bd. XIX. (1867) S. 99. — Hoppe-Seyler: Med. chem. Untersuch. Heft 2. S. 273. — Dybkowsky: Med. chem. Unters. Heft 1. S. 117. — A. Schmidt: Arch. f. path. Anat. u. Physiol. Bd. 42. — Huizinga: Arch. f. path. Anat. u. Physiol. Bd. 42. 359. — Crüwell: Ozon im Blute. Dissert. Greifswald 1868. — O. Nasse: Arch. f. Physiol. III. S. 204. — Hoppe-Seyler: Arch. f. Physiol. VII. S. 399. Afonassiew: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1873. 328; Sächs. akad. Sitzungsber. 1873. 253. — Pflüger: Ueber die Diffusion des Sauerstoffs etc. Arch. f. Physiol. Bd. VI. 43. — Derselbe: Ueber die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen. Arch. f. Physiol. X. 251. — Stroganow: Beiträge zur Erkenntniss des Oxydationsprocesses etc. Arch. f. Physiol. Bd. XII. 18. — Finkler: Ueber den Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit und Menge des Blutes auf die thierische Verbrennung. Arch. f. Physiol. Bd. X 368. — P. Schützenberger: Compt. rend. 1874. LXXVIII. 971. — Pokrowsky: Arch. f. path. Anat. XXXVI. 496. — Lewisson: Arch. f. path. Anat. XXXVI. 15. — Scheremetjewsky: Ber. d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1868. 12. Dec. — A. Schmidt: Arch. f. Physiol. VI. 508. 513. — Bert: De la quantité d'Oxygène que peut absorber le sang aux diverses pressions barométriques. Compt. rend. LXXX. 733. — G. v. Liebig: Ueber die Sauerstoffaufnahme in den Lungen bei gewöhnlichem und erhöhtem Luftdruck. Arch. f. Physiol. X. 479.

Vorkommen: Mit andern Gasen gemengt, findet sich Sauerstoffgas in allen lufthaltigen Räumen des Leibes und ausserdem in verschiedenen Flüssigkeiten desselben. Gasförmig vor Allem im Lungenparenchym und den Bronchialverzweigungen, ausserdem wohl auch in den Gasgemengen des Darmcanals, gelöst dagegen im Blute und zwar im arteriellen und venösen und anderen thierischen Flüssigkeiten.

Vorkommen.

Zustände des Sauerstoffs im Organismus. Für die physiologische Function des Sauerstoffs ist die Frage, in welchem Zustande er sich im Organismus vorfindet, von hoher Bedeutung. Während über den Zustand, in welchem der Sauerstoff mit den Respirationsgasen in die Luftwege gelangt, ein Zweifel nicht wohl bestehen kann, waren die Ansichten darüber, wie der Sauerstoff im Blute aufgelöst ist, früher getheilt. Der bei weitem grössere Theil der älteren Physiologen nahm an, dass der Sauerstoff ganz einfach den Absorptionsgesetzen für Gase folgend im Blute absorbirt sei, während andere auch eine gewisse chemische Attraction für diesen Vorgang beanspruchen zu müssen glaubten, unter ihnen Liebig. Mit grosser Sorgfalt angestellte Versuche haben aber den Nachweis geliefert, dass die Aufnahme des Sauerstoffs in das Blut nur zum geringsten Theile vom Drucke, unter dem er mit dem Blute in Berührung kommt, abhängig erscheint, sondern dass dieselbe vielmehr durch eine wenngleich schwache chemische Attraction bewirkt wird.

Zustände des Sauerstoffs im Organismus.

Schon Berzelius beobachtete, dass Blutserum sehr wenig Sauerstoff absorbirt, während wenn blutkörperchenhaltiges Serum zu dem Versuche angewendet wird, eine beträchtlichere Sauerstoffabsorption stattfindet. Damit in Uebereinstimmung fanden J. Davy, Nasse und Magnus, dass die Volumeinheit eines Gemenges von Blutkörperchen und Serum (defibrinirtes Blut) mehr Sauerstoff zu absorbiren vermag, wie die eines blutkörperchenfreien Serums. Fernet[1]), der diese Verhältnisse eingehender untersuchte, fand, dass Blut fünfmal so viel Sauerstoff absorbirt als das Serum bei gewöhnlichem Drucke. Auch hat L. Meyer[2]) durch eine Reihe von Absorptionsversuchen den Nachweis geliefert, dass die vom Blute absorbirten Sauerstoffmengen, auch wenn der Druck sehr erheblich schwankte, sich nahezu gleich blieben. Heute wissen wir aber mit aller Sicherheit, dass die Absorption des Sauerstoffs eine Function der Blutzellen ist. Hoppe-Seyler hat die wichtige Entdeckung gemacht, dass der Hauptbestandtheil der letzteren: das Hämoglobin (s. w. unten) selbst ausserhalb des Organismus und krystallisirt, Sauerstoffgase lose gebunden enthält (Oxyhämoglobin), welchen es beim Erwärmen im Vacuo abgiebt und dass das spectralanalytische Verhalten des sauerstoffhaltigen Blutes vollkommen übereinstimmt mit dem des sauerstoffhaltigen Hämoglobins. Preyer hat

Die Aufnahme des Sauerstoffs ins Blut erfolgt nur zum geringsten Theile durch einfache Absorption, zum grössten Theile aber in Folge einer chemischen Anziehung.

Die die Sauerstoffaufnahme ins Blut vermittelnden Organe sind die Blutkörperchen.

1) Fernet: Ann. d. sc. nat. IV. T. VIII. 125.

2) L. Meyer: Zeitschr. f. rat. Med. N. F. Bd. VIII.

nachgewiesen, dass reines krystallisirtes Hämoglobin ebenso viel Sauerstoff lose bindet, wie eine Blutmenge, welche das gleiche Gewicht Hämoglobin enthält, womit auch im Wesentlichen die Versuche von Dybkowsky übereinstimmen, welche lehren, dass aller oder jedenfalls der bei weitem grösste Theil des Sauerstoffs, welcher sich im Blute findet, darin als Oxyhämoglobin enthalten ist. Afonassiew endlich hat gezeigt, dass die Substanz, welche im Blute erstickter Thiere Sauerstoff bindet, nicht in dem Blutserum, sondern in den Blutkörperchen enthalten ist.

Der Sauerstoff ist im Blute und den Blutkörperchen vielleicht in einem ähnlichen Zustande enthalten wie im ozonisirten Terpentinöl und anderen Ozonträgern.

Die Verbindung des Sauerstoffs mit dem Hämoglobin ist eine ungewöhnlich lose, da der von dem Blute aufgenommene Sauerstoff sich mittelst der Luftpumpe unter Mitwirkung einer der Blutwärme nahen Temperatur fast vollständig austreiben lässt, ebenso durch einen Strom von Kohlenoxyd- oder Stickoxydgas. Das ganze Verhalten des Oxyhämoglobins weist endlich darauf hin, dass es eine Verbindung ist, für welche wir uns nach Analogien unter den gewöhnlichen organischen Verbindungen vergeblich umsehen. Da liegt es nun nahe genug, daran zu denken, ob sich der Sauerstoff im Oxyhämoglobin nicht in einem ähnlichen Zustande befinde, wie in dem ozonisirten Terpentinöl oder dem Platinmohr, d. h. als activer Sauerstoff, für die im Organismus stattfindenden Oxydationen sofort verfügbar. In der That wurden für die Präexistenz des Ozons im Blute von A. Schmidt verschiedene experimentelle Beweise beigebracht. Jüngst hat sich aber in einer grösseren Abhandlung Pflüger mit aller Entschiedenheit gegen die Präexistenz des Ozons im Blute ausgesprochen, indem er in ausführlicher Kritik darthut, dass die Versuche von A. Schmidt und ebenso auch jene von Pokrowsky und Scheremetjewsky nicht ausreichend seien, um die Gegenwart des Ozons im Blute zu beweisen; sie bewiesen vielmehr nur, dass die rasch eintretende Zersetzung des Hämoglobins durch den atmosphärischen Sauerstoff eine Spaltung des Sauerstoffmoleküls und daher secundäres Auftreten von activem zur Folge haben könne.

Nach alledem müssen wir die Frage, in welchem Zustande der Sauerstoff von den Blutzellen aufgenommen wird, als eine noch offene ansehen, und über den Stand derselben eingehende Belehrung Suchende auf die Abhandlungen zunächst von Pflüger[1]) und A. Schmidt[2]) verweisen. Vergl. übrigens auch die in der Literatur zu diesem Abschnitt citirten Arbeiten von Schützenberger, Stroganow und Finkler.

Ursprung des im Thierorganismus vorkommenden freien Sauerstoffs.

Ursprung des Sauerstoffs des Thierkörpers. Die Hauptеingangspforte für den gasförmigen Sauerstoff sind die Lungen, doch werden auch von der Haut geringe Mengen aufgenommen. Aus der Lunge gelangt er in das Blut. In diesem giebt die atmosphärische Luft 4 bis 6 Proc. ihres Sauerstoffs ab, die als solche nicht mehr in die Luft zurückkehren. Durch die Nahrungsmittel, die Getränke und durch den

---

[1]) Pflüger: Arch. f. Physiol. Bd. X. S. 251.

[2]) A. Schmidt: Hämatol. Studien. Dorpat 1865.

Speichel gelangen geringe Mengen von Luft und somit von Sauerstoff in den Magen und Darmcanal, und es sind wohl die hier aufgefundenen Mengen dieses Gases, die übrigens keineswegs constant sind, ausschliesslich auf diesen Ursprung zurückzuführen; wenigstens fehlen für anderen Ursprung desselben alle positiven Anhaltspunkte.

Austritt des Sauerstoffs.

Austritt des Sauerstoffs. Nur ein Theil des in den Körper aufgenommenen Sauerstoffs tritt in der Expirationsluft als solcher wieder aus; ein anderer betheiligt sich am Stoffwechsel und erscheint erst in den Endproducten desselben zum grössten Theil in der Form von Kohlensäure und Wasser wieder.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Indem wir bereits im vorhergehenden Abschnitte den Chemismus des Thierorganismus vorwaltend als den eines wenngleich zum grossen Theile indirecten Oxydationsprocesses erörtert haben, erscheint es unnöthig, bei der Erörterung der Frage nach der physiologischen Bedeutung des Sauerstoffs ins Breite zu gehen, um so unnöthiger, als wir im ganzen Verlaufe dieses Werkes und namentlich beim Respirationsprocesse immer wieder darauf zurückkommen müssen. Der Sauerstoff ist demnach einer der wesentlichsten Factoren des Lebensprocesses und Lebensbedingung.

Bei den Oxydationsvorgängen im Thierkörper ist vor Allem ins Auge zu fassen, dass sie bei einer Temperatur vor sich gehen, die nicht entfernt im Stande wäre, dieselben ausserhalb des Organismus hervorzurufen, und dass diese Oxydationsvorgänge auch häufig qualitativ verschieden von denjenigen sind, welche die organischen Bestandtheile des Thierkörpers ausserhalb des Organismus unter Mitwirkung hoher Temperaturen darbieten. Wenn dieses nicht für die Endproducte der Verbrennung gilt, die in beiden Fällen: bei der eigentlichen Verbrennung und bei dem thierischen Verbrennungsprocess die gleichen sind, so gilt es um so mehr für die Zwischenproducte. Es müssen im Organismus selbst liegende Bedingungen sein, welche diese Verschiedenheit veranlassen und es ist in dieser Beziehung sicherlich nicht ohne Bedeutung, dass Ozon, auf organische Verbindungen bei gewöhnlicher Temperatur einwirkend, Oxydationen hervorruft, die den im Organimus erfolgenden nicht selten analog sind (Gorup-Besanez). Die grosse Indifferenz, welche der gewöhnliche Sauerstoff gegen unsere Nahrungsstoffe, insbesondere die Eiweisskörper zeigt, weist, wie Pflüger hervorhebt, darauf hin, dass eine lebendige Zelle sich ganz anders verhält, wie todtes Nahrungseiweiss, und die Indifferenz des letzteren sofort aufhört, wenn es Bestandtheil der lebendigen Zelle geworden.

Früher verlegte man den Herd der thierischen Oxydation in das Blut. Heute, wo in der Physiologie der Satz: *omne vivum ab ovo* durch den Satz: *omnis vita in cellula* abgelöst wurde, neigt sich die Mehrheit der Physiologen der Meinung zu, dass weder im Blute noch überhaupt in den Säften Oxydationsvorgänge stattfinden, sondern dass alle diese

Vorgänge in die Gewebe selbst d. h. in die lebendige Zelle verlegt werden müssen. Die Hauptvertreter der letzterwähnten Ansicht sind vor Allem Pflüger und seine Schüler[1]), während die ältere von Ludwig und seiner Schule, sowie von einigen französischen Physiologen (Estor und Saintpierre, Claude Bernard) vertreten wird.

Physiologische Folgerungen.

Es ist aber hier der Ort, aus den geschilderten Zuständen des Sauerstoffs im Organismus einige wichtige physiologische Folgerungen zu ziehen. Es ist vor Allem die auch neuerlichst wieder von Bert[2]) constatirte Unabhängigkeit der Sauerstoffaufnahme von den Gesetzen der einfachen Gasabsorption und mithin vom Drucke, welche mehrere sonst unerklärliche Erscheinungen als Folgen dieser Unabhängigkeit erscheinen lässt. So die von Regnault und Reiset beobachtete Thatsache, dass eine Vermehrung des Sauerstoffs der eingeathmeten Luft um das Zwei- bis Dreifache den Respirationsprocess in keiner Weise beeinträchtigt, weil eben die Blutkörperchen eine nicht vom Drucke, sondern von einer eigenthümlichen Attraction abhängige gleiche Menge von Sauerstoff binden. Aus demselben Grunde ist auch eine Verminderung des Sauerstoffgehaltes der Luft bis zu einer gewissen Grenze ohne Einfluss, weil auch in diesem Falle das Blut so viel Sauerstoff zurückhält, als es nöthig hat, wobei jedoch vorausgesetzt wird, dass der Kohlensäuregehalt der Luft nicht zu bedeutend ist. Ist letzteres der Fall, so wird dadurch allerdings die Sauerstoffabsorption beeinträchtigt, weil dann die nach den einfachen Gesetzen der Absorption aufgenommene Kohlensäure das Uebergewicht erhält. Lässt man aber Thiere in einer Luft athmen, die 17 bis 20 Proc. Kohlensäure, zugleich aber $1^1/_2$ bis 2 mal so viel Sauerstoff wie gewöhnliche Luft enthält, so gleicht sich Alles wieder aus, und die Respiration geht ungehindert von statten (Regnault und Reiset, Legallois). Auch in einer stickstofffreien oder stickstoffarmen Luft geht, vorausgesetzt, dass es nicht an Sauerstoff fehlt, die Respiration ungehindert von statten. Nach den Versuchen von W. Müller ist eine Verminderung des Sauerstoffgehaltes der Luft bis um $^1/_3$ ihres Normalgehaltes ohne wesentlichen Einfluss auf den Respirationsprocess von Kaninchen. Ueber diese Grenze hinaus aber zeigen sich Störungen, die bei einem Gehalte von 4 bis 5 Proc. schon ziemlich eingreifend sind, bei einem Heruntergehen unter 3 Proc. aber den Tod des Thieres veranlassen.

Bert fand, dass Vermehrung des Luftdruckes ohne Einfluss auf das Oxyhämoglobin bleibt, und Ueberdruck nur eine dem Dalton'schen Gesetze entsprechende geringe Vermehrung des vom Serum absorbirten Sauerstoffs zur Folge hat. Auch Verminderung des Luftdruckes bis zu $^1/_3$ des normalen ist ohne bemerklichen Einfluss, von dieser Grenze an aber verliert das Blut Sauerstoff.

---

[1]) Pflüger: l. c.

[2]) Bert: Compt rend. 1874. LXXVIII. 971.

Alle diese Thatsachen aber erklären vollständig, warum der Respirationsprocess in grossen Höhen, wie z. B. in einer solchen von 3000 bis 4000 Meter über der Meeresfläche (Puno, Potosi in Bolivia), in derselben ungehinderten Weise vor sich geht, wie an der Meeresfläche, obgleich die Menschen in diesen Gegenden kaum mehr als $^2/_3$ der absoluten Menge Sauerstoff einathmen, welche mit jedem Athemzuge an dem Meeresufer in die Lunge tritt, — warum der südamerikanische Condor seinen Aufenthalt auf dem Hochgebirge fast plötzlich mit dem an der Meeresfläche zu vertauschen im Stande ist, sonach abwechselnd unter dem Drucke einer halben und einer ganzen Atmosphäre zu leben vermag. Wäre die Sauerstoffaufnahme vom Drucke abhängig, so würde ein Organismus, dem der Luftdruck an der Meeresfläche die hinreichende Menge Sauerstoff zuführte, im Hochgebirge ztatt des regeren zur Deckung des grösseren Wärmeverlustes nöthigen Stoffwechsels eine Verlangsamung desselben erfahren, da mit dem gesammten Luftdrucke auch der des Sauerstoffs abnimmt, und diesem proportional die Sauerstoffabsorption sich verringern würde. Die Bewohner des Flachlandes würden dann nicht einmal auf den mittleren Höhen der Alpen ohne Beschwerden verweilen können.

Das Blut aber trägt in seiner Zusammensetzung den Regulator für die Sauerstoffaufnahme in sich. Unabhängig vom wechselnden Drucke der Atmosphäre zieht es in den Lungen den Sauerstoff im richtigen Verhältnisse an, um ihn für die Lebenszwecke zu verwenden. Nur eine Veränderung der Zusammensetzung des Blutes selbst bedingt eine Veränderung der aufgenommenen Menge. Ueberall aber, wohin der Mensch bis jetzt vorzudringen vermochte, befindet er sich in einer Atmosphäre, welche ihm der Sauerstoff in hinreichender Menge liefert und der Organismus selbst besitzt überdies die Fähigkeit, bis zu einem gewissen Grade den Mangel an Sauerstoff in der äusseren Luft durch Vergrösserung der Berührungsfläche zwischen Gas und Blut, und rascheren Gaswechsel auszugleichen.

Wasserstoffgas.

Literatur: Chevreul: Nouv. Bull. de la Soc. philom. Juillet 1816. — Regnault u. Reiset: Compt. rend. T. XXVI. — Chevillot: Journ. de Chim. med. V. 596. — Valentin: Archiv für physiologische Heilkunde XIII. 356. — Planer: Wiener akad. Sitzungsber. Mathem. naturw. Classe XLII. — E. Ruge ebendaselbst Bd. XLIV. 739. — Pettenkofer: Münchener akad. Sitzungsber. 1862. II. 88. Kunkel: Verhandl. der phys.-med. Gesellsch. in Würzburg. N. F. VIII. 134.

Vorkommen. Wasserstoffgas wurde in sehr geringer Menge in der Expirationsluft und in grösserer in den Darmgasen gefunden. Chevreul fand im aus dem Magen eines Hingerichteten erhaltenen Gasgemenge 3·55 Proc. Wasserstoffgas, in den Gasen des Dünndarms 5·4 bis 11·6

Vorkommen.

Proc. und im Dickdarme 7·5 Proc. Ruge fand in den Dickdarmgasen lebender Menschen 0·69 bis 54·2 Vol.-Proc. Wasserstoffgas, am Meisten bei Milchkost, am wenigsten bei Fleischkost. Auch Planer fand in den Darmgasen von Hunden 6·3 bis 48·7 Proc. Wasserstoff und Pettenkofer beobachtete in den Perspirationsgasen eines mit Fleisch und Zucker genährten Hundes ebenfalls freies Wasserstoffgas, wohl zum grössten Theile aus dem Darme stammend.

Wie dieser freie Wasserstoff entsteht, ist noch nicht mit Sicherheit ermittelt, so viel aber ist klar, dass er ein Product chemischer Umsetzungen sein muss, welche der Buttersäuregährung analog sind. Bei der künstlichen Pankreasverdauung, hervorgerufen durch Einwirkung von unter Glycerin zerkleinerter Bauchspeicheldrüse von Ochsen und Hunden erhielt Kunkel ein Gasgemenge, in welchem freier Wasserstoff in reichlicher Menge (bis über 50 Proc.) enthalten war. Aus dem Körper tritt er hauptsächlich durch den Darm, in Folge von Diffusion in das Blut auch wohl durch die Lunge und die Haut.

Stickstoffgas.

Literatur: Marchand: Journ. f. prakt. Chem. Bd. LVI, S. 1. — Magnus: Poggendorff's Ann. Bd. XL u. LXVI. — Cevreul: Nouv. bullet. de la soc. philomat. Juillet 1816. — Regnault u. Reiset: Compt rend. T. XXVI. — L. Meyer: Zeitschr. für rat. Med. N. F. Bd. VIII. — Planer a. a. O. — E. Ruge: a. a. O. — Seegen u. Nowak: Vers. über die Ausscheid. v. gasförm. Stickstoff. Wien. akad. Ber. LXXI. 1875. — Hüfner: Ueber ungeformte Fermente etc. Journ. f prakt. Chem. N. F. Bd. X. S. 1. XI. 43. — Derselbe: Ueber die Möglichkeit der Aussch. von freiem Stickstoff bei der Verwesung stickstoffhaltiger org. Materie. Journ. f. prakt. Chem. N. F. XIII. 292. — Derselbe: Ueber die Zusammensetzung und den Ursprung des aus einem pyämischen Abscesse aufgefangenen Gases. Ebenda. 326.

Vorkommen.

Vorkommen. Wo sich im Thierkörper atmosphärische Luft findet, da findet sich natürlich auch Stickstoffgas. Als Bestandtheil der Respirationsgase findet sich daher Stickgas in den Lungen und im Blute, ausserdem ist es aber auch ein Bestandtheil der Darmgase.

In 100 Vol. Gas des Magens und der Gedärme von Hingerichteten fand Chevreul: im Magen 71·45; im Dünndarm 20·08, 8·85, 66·60; im Coecum 67·50; im Colon 51·03, 18·40; im Rectum 45·96 Volumtheile Stickgas. In den Darmgasen des Hundes fand Planer und zwar im Dünndarme: 4 bis 54·2 Proc., im Dickdarme 5·9 bis 23·6. Im Magen fand er 66·3 bis 68·7 Proc. Bei Menschen fand E. Ruge in den Dickdarmgasen nach Fleischkost Stickgas als vorwiegenden Bestandtheil bis zu 64·4 Proc., am wenigsten bei Nahrung mit Hülsenfrüchten: 10·6 Proc.

Zustände des Stickstoffs im Organismus. In den Lungen und dem Nahrungsschlauch ist der Stickstoff gasförmig enthalten, im Blute dagegen ist er absorbirt. Das Absorptionsvermögen des Blutes für Stickgas ist bedeutender wie das des Wassers, doch immerhin noch gering. Der Absorptionscoëfficient ist nicht genau bestimmt. Auch darüber, ob der Stickstoff einfach absorbirt ist, fehlen genauere Untersuchungen, doch wird es durch die Versuche von L. Meyer wahrscheinlich gemacht. Welcher Blutbestandtheil die Absorption des Stickstoffs vorzugsweise vermittelt, ob das Serum oder die Blutzellen, ist ebenfalls noch unentschieden.

Zustände des Stickstoffs im Organismus.

Ursprung und Austritt des Stickstoffs. Der Stickstoff der Lungen und Respirationsgase stammt zunächst von der atmosphärischen Luft. Die Frage, ob sich bei den Umsetzungen der Eiweisskörper im Organismus gasförmiger Stickstoff abscheiden könne, ist controvers, wird aber von Seegen und Nowak auf Grund ihrer Versuche bejaht. Wir kommen unter Ernährung darauf zurück. Der Stickstoff der Magen- und Darmgase stammt zum Theil jedenfalls von der mit den Nahrungsmitteln verschluckten atmosphärischen Luft; allein da man im Dickdarme in der Regel mehr findet wie im Dünndarme, so muss sich ein anderer Theil entweder vom Blute oder von chemischen Umsetzungen herleiten.

Ursprung und Austritt.

Aus einer Reihe von Versuchen, die Hüfner anstellte, um zu ermitteln, ob bestimmte stickstoffhaltige organische Substanzen (Fibrin, Harnstoff) von gasförmigem Sauerstoff schon bei Bluttemperatur unter Ausgabe von Stickgas oxydirt werden können, schliesst Hüfner nicht nur, dass dieses nicht der Fall sei, sondern glaubt den in zahlreichen Fällen gefundenen Stickstoffgehalt aus dem Thierkörper stammender Gasgemenge auf erfolgten Zutritt atmosphärischer Luft zurückführen zu dürfen.

Aus dem Körper tritt der Stickstoff durch Lunge, Haut und Darm. Die Ausscheidung durch die Haut ist gering.

Kohlensäuregas.

Literatur: Magnus l. c. — Chevreul l. c. — Andral u. Gavarret, Compt. rend. 1843. S. 113. — Valentin u. Brunner: Med. Vierteljahrsschr. Bd. II. S. 372. — Scharling: Ann. d. Chem. und Pharm. XLV. u. LVII. — Regnault u. Reiset l. c. — Becher: Züricher Mittheilungen 1855. — Chevreul l. c. — Lothar Meyer l. c. — W. Müller l. c. — Fernet l. c. — Liebig: Chem. Briefe. II. Bd. 4te Aufl. Pagenstecher: Buchner's Repert. [2] XXII. S. 318. Marchand: Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXXVII. S. 321. — Liebig: Ann. d. Ch. u. Ph. Bd. LXII. S. 349. — Planer l. c. — E. Ruge l. c. — Setschenow: Wiener akad. Sitzungsber. math.-naturw. Cl. Bd. XXXVI.

S. 293. — Derselbe: Zeitschr. f. rat. Med. Bd. X. S. 101. 285. — A. Schöffer: Wien. akad. Sitzungsber. math.-naturw. Cl. Bd. XLI. S. 519. — R. Heidenhain u. L. Meyer: Wiener akad. Sitzungsber. Studien des phys. Instituts zu Bresslau II, S. 103. Ann. d. Ch. u. Ph. Suppl. II. 1862. 63. S. 157. — Holmgren: Wien. akad. Sitzgsber. Bd. XLVIII. Dec. 1862. — W. Preyer: Wiener akad. Sitzgsber. math.-naturw. Cl. Bd. XLIX. 1863. — Derselbe: Centralbl. für die med. Wissensch. 1866, S. 321. — E. Pflüger: Ueber die Kohlensäure des Blutes, Bonn 1864. — Hoppe-Seyler: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1865. S. 65. — M. Pettenkofer: Artikel Ventilation im Handwörterbuch der reinen u. angewandten Chemie von Liebig, Poggendorff und Wöhler. Bd. IX. S. 140 u. ff. — Schultze: Gasgehalt der Schwimmblase einiger Süsswasserfische. Arch. f. Physiol. V. S. 48. — Zuntz: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1867. S. 529. — Derselbe: Beiträge zur Physiol. des Blutes. Dissert. Bonn 1868. — Alex. Schmidt: Ber. d. sächs. Gesellsch. der Wissensch. math.-phys. Cl. 1867. S. 30. — L. Hermann: Untersuch. über den Stoffwechsel der Muskeln. Berl. 1867. S. 107. — Sertoli: Med. chem. Untersuch. Hft. 3. S. 350. — Preyer: Arch. f. Physiol. I. 395. — Pflüger: Arch. f. Physiologie I. S. 79. — Zuntz: Berl. klin. Wochenschr. 1870. S. 185. — Setschenow: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1873. 355. Derselbe: Ueber die Absorptiometrie in ihrer Anwendung auf die Zustände der Kohlensäure im Blute. Pflüger's Arch. f. Physiol. Bd. VIII. 1874. 1. — Derselbe: Ueber die Absorption der Kohlensäure durch Lösungen von neutr. phosphorsauren Natron. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875. 35.

Vorkommen.

Vorkommen. Die Kohlensäure ist ein Bestandtheil des in den Lungen und ihren Verzweigungen enthaltenen Gasgemenges, und ebenso in den Darmgasen enthalten. Absorbirt findet sie sich im Blute und ausserdem in den meisten thierischen Flüssigkeiten. Die Menge der in den Lungengasen enthaltenen Kohlensäure ist so sehr abhängig von den respiratorischen Functionen, von der Tiefe der In- und Exspirationen, den Raumverhältnissen der Lungen und des Thorax u. s. w., dass hier keine allgemein gültigen Zahlen ermittelt werden können.

Zustände der Kohlensäure im Organismus.

Zustände der Kohlensäure im Organismus. Wenn wir hier von den Zuständen der Kohlensäure im Organismus sprechen, so handelt es sich zunächst um die im Blute absorbirte, denn in den Lungen und im gasförmigen Inhalte des Nahrungsschlauches ist die Kohlensäure natürlich einfach als Gas den übrigen Gasen beigemengt und in welchem Zustande sie, abgesehen vom Blute, in anderen thierischen Flüssigkeiten enthalten ist, darüber sind genauere Untersuchungen nicht angestellt. Die Frage, wie die Kohlensäure im Blute absorbirt ist: einfach den Absorptionsgesetzen entsprechend, oder ganz oder theilweise chemisch gebunden, und von welchen Blutbestandtheilen die chemische Anziehung ausgeübt wird, beschäftigt die Physiologie bereits über drei Decennien und ist auch heute noch trotz zahlreicher und mühevoller über die Zustände der Kohlensäure im Blute ausgeführter Untersuchungen (L. Meyer, Setschenow, Schöffer, Holmgren Preyer, Pflüger und Zuntz,

Alex. Schmidt, Sertoli u. A.) eine offene. Man versuchte das einmal zu beweisen, dass alle Blutkohlensäure einfach physikalisch deffundirt sei, da sie sich durch Auspumpen völlig entfernen lässt, dann stellte man wieder den entgegengesetzten Satz auf, dass alle Kohlensäure im Blute chemisch gebunden sei (Preyer). Nahm man eine chemische Bindung der Kohlensäure oder eines Theiles derselben im Blute an, so gingen wieder die Ansichten darüber, von welchen Bestandtheilen die chemische Anziehung auf die Kohlensäure ausgeübt werde, weit auseinander. Eine solche Anziehung könnte ausgeübt werden von neutralem Natriumcarbonat, wo Bicarbonat entstünde, welches seine lose gebundene Kohlensäure beim Auspumpen abgeben müsste. Dann wies man wieder auf die Thatsache hin, dass Lösungen des im Blute enthaltenen Dinatriumhydrophosphats PO_4Na_2H ein grösseres Absorptionsvermögen für Kohlensäure besitzen, wie Wasser oder andere Salzlösungen, und es sich auch hier wahrscheinlich um eine lose chemische Bindung handle (Natriumphosphocarbonat) und nahm man einen Theil der Blutkohlensäure in derartiger Bindung an. Allein es zeigte sich, dass das letztgenannte Salz sich an der Bindung der Blutkohlensäure schon um deswillen nur sehr untergeordnet betheiligen kann, weil es im Blute selbst in viel geringerer Menge enthalten ist, wie in der Blutasche. Ein Theil desselben ensteht nämlich erst aus dem Lecithin während der Veraschung. Schliesslich hat man an der Bindung der Blutkohlensäure auch unbekannte Bestandtheile der Blutzellen betheiligt erklärt (A. Schmidt, Pflüger, Zuntz).

Keine dieser Theorien vermochte es zu allgemeiner Anerkennung zu bringen, denn für keine gelang es, ausreichende, alle gegentheiligen Anschauungen beseitigende Beweise beizubringen. Für die Darlegung sehr weit ausgesponnener Controversen ist aber ein Lehrbuch wie das vorliegende kaum der passende Ort, und müssen wir daher Diejenigen, welche sich in diesen Streitfragen genau orientiren wollen, auf die Eingangs des Abschnittes angeführte Literatur verweisen. Nach den Versuchen von Pflüger lässt sich Blutserum nicht so vollständig entgasen wie das Blut selbst, so dass noch etwa 7 Proc. durch Säuren austreibbare Kohlensäure im Serum zurückbleiben. Für das Serum kann es sonach als erwiesen gelten, dass ein Theil seiner Kohlensäure darin wirklich chemisch gebunden ist.

Nicht klarer sehen wir in der Frage nach den in der Lunge bei der Austreibung der Blutkohlensäure wirksamen Momenten. Da wir nach dem vorliegenden Beweismaterial kaum anders können, denn anzunehmen, dass mindestens ein Theil der Blutkohlensäure chemisch, wenngleich theilweise lose gebunden sei, so haben wir uns auch nach

einem chemischen Momente umzusehen, welches in den Lungen die Kohlensäurespannung so sehr erhöht, dass sie aus den Capillaren in die Lungenalveolen, die an und für sich schon kohlensäurereiche Luft bergen, übertritt. Die Vermuthung, es möge in dem Lungengewebe selbst eine Säure gebildet werden, welche die Blutkohlensäure aus ihren Verbindungen austreibe, ist in keiner Weise bestätigt, dagegen aber nachgewiesen, dass die Kohlensäureabgabe auch durch andere zur Athmung nicht bestimmte Flächen, wie Pertionealhöhle, Unterhautgewebe veranlasst werden kann (Sertoli, Demarquay und Leconte). Da nun Versuche von Holmgren und Preyer ergaben, dass Schütteln von venösem Blute mit Sauerstoffgas eine Verminderung seiner Kohlensäure zur Folge hat, während durch Schütteln von Serum mit Sauerstoff keine Kohlensäure ausgetrieben wird, da ferner nach Pflüger's Versuchen im Blute während des Entgasens sich Säuren bilden, welche gebundene Kohlensäure auszutreiben vermögen, und nach den Beobachtungen von Hoppe-Seyler sich bei der Zersetzung des Hämoglobins Säuren abspalten, so rechtfertigt sich der Schluss, dass bei der Austreibung der Blutkohlensäure Sauerstoff und Blutkörperchen betheiligt seien, und könnte es scheinen, dass die letzteren durch ihren Zerfall und die dabei auftretenden freien Säuren wirksam wären. Denkbar wäre es übrigens auch, dass Oxyhämoglobin, welches sauer reagirt, selbst kohlesäureaustreibend wirkte, dass aus dem Lecithin der Blutkörperchen durch Einwirkung des Sauerstoffs eine Säure entstünde, dass endlich Sauerstoff die Kohlensäure aus ihrer Verbindung mit dem hypothetischen Hämoglobinalkali (Pflüger u. Zuntz) direct auszutreiben vermöchte u. s. w.

Ursprung der Kohlensäure im Organismus.

Ursprung der Kohlensäure. Die im Thierkörper vorkommende Kohlensäure wird demselben nur zum geringsten Theile von aussen durch die athmosphärische Luft, in Nahrung und Getränken zugeführt, der grösste Theil derselben stammt von im Körper vor sich gehenden chemischen Umsetzungen, als deren eines Endproduct sie erscheint, wenn es sich dabei um Oxydationsvorgänge handelt. In der That ist sie eines der Endproducte der regressiven Stoffmetamorphose, wie wir bereits im vorigen Abschnitte ausführlich erörtert haben.

Ueber die Bildung der Kohlensäure der Darmgase lassen sich wohl Vermuthungen aussprechen, aber entschieden ist darüber nichts. Obgleich es sehr wohl möglich ist, dass ein Theil dieser Kohlensäure aus dem Blute stammt, und von den Capillaren aus in den Nahrungsschlauch tritt, so kann ein anderer Theil, oder vielleicht auch wohl die Gesammtmenge derselben von chemischen Processen herrühren, die in Folge der Wechselwirkung zwischen Speisebrei, und Magen- und Darmsecreten, und in Folge der Gährung der Excremente stattfinden (Planer).

Austritt der Kohlensäure.

Austritt der Kohlensäure aus dem Organismus. Die Hauptausgangspforte für die Kohlensäure des thierischen Organismus sind die Lungen, doch tritt dieselbe auch durch Haut und Darm aus. Indem wir auf die Kohlensäureausscheidung bei der Respiration zurückkommen werden, machen wir hier nur darauf aufmerksam, dass der Kohlensäuregehalt der exspirirten Luft über 100 mal grösser ist, wie jener der inspirirten. Während die inspirirte, d. h. die atmosphärische Luft, etwa 0·04 Proc. Kohlensäure dem Volumen nach enthält, enthält die von einem gesunden Manne bei ruhiger Respiration ausgeathmete Luft durchschnittlich 4·33 Volumenprocente Kohlensäure.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Die physiologische Bedeutung der Kohlensäure ergiebt sich aus dem Mitgetheilten von selbst. Sie hat die Bedeutung eines Auswurfsstoffes und es kann von einem anderen Nutzen, will man sich nicht in teleologische Phrasen verlieren, nicht die Rede sein. Die im Körper gebildete Kohlensäure wird fort und fort ausgeschieden und es ist die Regelmässigkeit ihrer Ausscheidung eine der Bedingungen des thierischen, aber gleichzeitig eine der Bedingungen des pflanzlichen Lebens, wie im ersten Abschnitte bereits erläutert wurde. Kohlensäure und Sauerstoff sind sich in ihrer Wirkung auf das Blut geradezu entgegengesetzt; Austreibung der Kohlensäure und Aufnahme von Sauerstoff ist das Hauptmoment der Respiration und der Arterialisation des Blutes. Die günstigste Bedingung einer raschen und vollkommenen Bildung des arteriellen Blutes und damit der Kohlensäureausscheidung ist ein schneller und regelmässiger Wechsel der Luft in den Lungenbläschen, wie er durch eine ungehemmte Respiration bei richtiger Luftqualität vermittelt wird. Enthält aber die Luft, die geathmet wird, einen Ueberschuss von Kohlensäure, so treten bei einem gewissen Procentgehalte an selber Symptome ein, wie sie sich bei der Wirkung narkotischer Gifte zeigen; es wird durch einen Ueberschuss des Athmungraumes an Kohlensäure die Kohlensäureausscheidung gehemmt. Die Erfahrung, dass Thiere beim Einathmen von reinem kohlensauren Gase viel rascher sterben, wie im Stickgase oder Wasserstoffgase, scheint darin seine Erklärung zu finden, dass in einer Atmosphäre von Kohlensäure das Blut keine Kohlensäure abgiebt, sondern im Gegentheil proportional dem Drucke noch aufnimmt. Wenn die eingeathmete Luft dieselbe Zusammensetzung zeigt, wie die ausgeathmete, so wird der Zweck der Respiration nicht mehr erfüllt, es treten bald Erstickungszufälle, ja der Tod ein, der hier einerseits die Folge des verminderten Sauerstoffgehaltes und andererseits der vermehrten Kohlensäure sein könnte, aber nach den Versuchen von W. Müller wohl hauptsächlich auf die letztere Ursache zurückzuführen ist. Lavoisier und Seguin fanden, dass der Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft, wenn dieselbe noch einmal eingeathmet wird, bis zu 10 Proc. vermehrt werden

Ist die eines Auswurfsstoffes

Physiologische Folgerungen.

kann; darüber hinaus aber nahm ihre Menge nicht mehr zu, auch wenn das Athmen fortgesetzt wurde, was aber nur kurze Zeit ging.

Diesen Kohlensäuregehalt einer Luft hält man so ziemlich allgemein für die Grenze, von welcher an das Leben eines Menschen gefährdet ist, obgleich schon 1 Proc. Kohlensäure merkliches Unbehagen veranlasst und 0·1 Proc. nach Pettenkofer's Erfahrungen die Grenze zwischen sogenannter guter und schlechter Luft bezeichnet, insoferne jede Luft, die mehr wie 0·1 Proc. enthält, auf den an Reinlichkeit gewöhnten Menschen bereits den Eindruck einer verdorbenen macht, weil eben mit dem Kohlensäuregehalte der Luft auch ihr Gehalt an von der Perspiration der Menschen stammenden organischen Dämpfen zunimmt. Das Unbehagen, welches man in überfüllten Versammlungssälen fühlt, in welchen bei ungenügender Ventilation der Kohlensäuregehalt $2^1/_2$ mal so gross sein kann, wie ein normaler, — namentlich wenn noch viele Lichter brennen, wie in Theatern, — die Gefährlichkeit des Schlafens in Zimmern, in welchen sich Pflanzen befinden, die bei Nacht bekanntlich Sauerstoff absorbiren und Kohlensäure aushauchen, all dies ist auf den vermehrten Kohlensäuregehalt der Luft wenigstens zum Theile zurückzuführen, zum Theil aber wohl auch Folge anderweitiger Veränderungen der Luft, welche mit der Vermehrung der Kohlensäure parallel gehen und sich darin um so mehr anhäufen, je öfter die Luft bereits in den Lungen der Athmenden verweilt hatte. Dasselbe gilt von einer anderen Erscheinung, die wegen ihrer praktischen Bedeutung für die Salubrität hier ebenfalls erwähnt werden soll, nämlich der Erscheinung, dass in neuerbauten und neubezogenen Häusern, auch wenn sie lange der trocknenden Einwirkung der Luft ausgesetzt waren, sich nach dem Beziehen derselben Feuchtigkeit zeigt. Diese Feuchtigkeit rührt nicht von der nässenden Feuchtigkeit der Bausteine, sondern von dem im Mörtel enthaltenen trockenen Kalkhydrat her, welches bei seiner Zersetzung durch die Kohlensäure der Ausathmungsluft 24 Proc. Wasser abgiebt. Durch Verbrennen von Holzkohlen in offenen Oefen bei geschlossenen Fenstern vor dem Beziehen der Wohnräume neuer Häuser, lässt sich dieser Uebelstand wirksam beseitigen (Liebig). Für geschlossene Räume, Schiffe, Krankenzimmer, Schlafsäle u. s. w. lässt sich durch Anwendung von Kalkhydrat die fehlende Ventilation auf eine Zeitlang mit Nutzen ersetzen.

Grubengas.

Literatur: Regnault u. Reiset l. c. — M. Pettenkofer: Münch. akad. Sitzungsber. 1862. II. S. 162. — Planer l. c. — E. Ruge l. c. — Bally: Arch. gén. de méd. T. XXV. 1831. p. 129. — Kunkel: Ueber die bei der Pankreasverdauung auftretenden Gase. Verhandl. d. phys. med. Gesellsch. in Würzburg. N. F. VIII. 134. — Vergl. die ältere Literatur bei Berzelius. Lehrb. d. Chem. Bd. IX. 4te Aufl. S. 338 u. ff.

Findet sich hauptsächlich in den Darmgasen.

Grubengas findet sich in nur sehr geringer Menge im Thierorganismus vor. Eine ausserordentlich kleine nicht wägbare Menge dieses Gases soll nach Regnault in der Ausathmungsluft vorkommen; etwas mehr davon wurde in den Gasen des Dickdarms gefunden. Chevreul fand 5·5 bis 11·6 Proc. im Dickdarm und 11·2 im Coecum. Leuret und Lassaigne, Vauquelin und Chevillot fanden es in den Darmgasen bei Thieren. Pettenkofer fand es neben Wasserstoffgas in den sämmtliche gasförmige Ausscheidungen umfassenden Gasen eines mit Fleisch und Zucker oder Amylum gefütterten Hundes, und E. Ruge als constanten Bestandtheil der Dickdarmgase des Menschen, in besonders reichlicher Menge bei Nahrung mit Hülsenfrüchten (bis zu 55·9 Proc.), während bei Milchnahrung das Grubengas in einem Falle nur 0·9 Proc. betrug, in einem anderen aber ganz fehlte. Weder E. Ruge noch Planer konnten übrigens in den Dickdarmgasen von Hunden Grubengas nachweisen. In einem Fall von Zellgewebsemphysem will es Bally in reichlicher Menge beobachtet haben. Dass die Bildung dieses Gases auf chemische Processe der Zersetzung von Körperbestandtheilen zurückgeführt werden müsse, leuchtet ein, welcher Art aber diese Processe sind, ist gänzlich unbekannt. Bei der künstlichen Verdauung des Fibrins durch Pankreas (vgl. S. 60) fand Kunkel unter den dabei gebildeten Gasen (Fäulniss war durch die Versuchsbedingungen nicht ausgeschlossen) häufig Grubengas, in geringen Mengen (0·7 bis 1·5 Proc.). Dasselbe trat aber meist erst zu Ende des Versuches auf.

Schwefelwasserstoffgas.

Literatur: Vgl. Berzelius, Lehrb. d. Chemie Bd. IX. 4te Aufl. S. 338 u. ff. — Planer l. c. — E. Ruge l. c. — Regnault u. Reiset l. c. — Kunkel l. c.

Ist ebenfalls ein zufälliger Bestandtheil des Körpers.

Auch das Schwefelwasserstoffgas ist ein mehr zufälliger Bestandtheil des Thierkörpers. Von diesem Gase sollen sich nach Regnault Spuren in der Ausathmungsluft vorfinden, stammen aber dann wahrscheinlich

nicht aus den Lungen, sondern aus der Mundhöhle und von fauliger Zersetzung von Speiseresten. Einen ähnlichen Ursprung hat auch wohl die geringe Menge Schwefelwasserstoffgas, welche man in den Darmgasen gefunden hat (Magendie, Chevreul, Planer, E. Ruge). Die beiden Letztgenannten wiesen überdies nach, dass Schwefelwasserstoff und Kohlensäure die Hauptgährungsgase des Dickdarminhalts bei Fleischkost seien und Planer ermittelte ausserdem die wichtige Thatsache, dass zwischen Blut- und Darmgasen eine sehr rasche Diffusion stattfindet und namentlich Schwefelwasserstoff sehr rasch ins Blut übertritt. Der nähere Modus seiner Bildung ist unbekannt, doch sind die Möglichkeiten hier weniger zahlreich wie beim Sumpfgase. Es stammt nämlich jedenfalls von Schwefelverbindungen, und zwar könnte es in Folge von Zersetzungen der Eiweisskörper, der schwefelhaltigen Galle (Taurocholsäure), oder der schwefelhaltigen Derivate der Albuminstoffe entstehen. Auf einen ähnlichen Ursprung muss der Schwefelwasserstoffgehalt des Eiters fauliger Abscesse, sowie jener nach Kunkel bei künstlicher Pankreasverdauung unter den dabei gebildeten Gasen in geringer Menge auftretende zurückgeführt werden, wo dann dieses Gas als eigentliches Fäulnissproduct auftritt.

b. Wasser.

Literatur: v. Bezold: Verhandl. der phys. med. Gesellsch. in Würzburg. Bd. VIII, S. 251. — Barral: Statique chim. des animaux. Paris 1850. — Liebig: Chem. Briefe. Bd. II, S. 37. — Ludwig: Lehrb. der Physiologie. Bd. I, S. 19. 2te Aufl. — Bidder u. Schmidt: Die Verdauungssäfte u. der Stoffwechsel. 1852. — Moleschott: Physiologie der Nahrungsmittel. 2te Aufl. S. 190. — E. Bischoff: Zeitschrift f. rat. Med. 3te R. Bd. XX, S. 75. — A. W. Volkmann: Unters. über das Mengenverhältniss des Wassers u. der Grundstoffe des menschl. Körpers. Ber. d. k. sächs. Gesellsch. der Wissensch. 14. Nov. 1874.

Vorkommen.

Von allen Bestandtheilen des Thierkörpers ist das Wasser derjenige, welcher die uneingeschränkteste Verbreitung zeigt. Abgesehen von den thierischen Flüssigkeiten, welche ihren flüssigen Aggregatzustand dem Wasser, welches sie führen, verdanken, ist dasselbe auch ein Bestandtheil aller Organe und Gewebe, den Schmelz der Zähne nicht ausgenommen. Der „festweiche“ Zustand, welcher die Organe und Gewebe des Thierkörpers meist charakterisirt, und der ihnen ihr physikalisches und anatomisches Gepräge verleiht, ist von ihrem Wassergehalte abhängig und davon, dass das Wasser hier nicht als Lösungsmittel, sondern als Imbibitionsstoff in Betracht kommt, der, die organisirte Materie durchdringend, durch eine eigenthümliche Anziehung von ihr zurückgehalten wird. Der Satz: „Alle Organismen leben im Wasser“ (Hoppe-Seyler) drückt von diesem Gesichtspunkte eine physiologische Wahrheit aus.

Mengenverhältnisse. Der Wassergehalt des Thierkörpers ist im Allgemeinen ein sehr bedeutender, und beträgt im Ganzen etwas mehr wie die Hälfte des Gesammtgewichts desselben, etwa 59 Proc. Bei dem Embryo stellt sich der Wassergehalt noch höher, sinkt aber beim Neugeborenen und jungen Thiere allmählich herunter, während mit der weiteren Entwickelung desselben der Gehalt an festen Stoffen eine fortwährende Steigerung erfährt und zwar bis zur Höhe des Wachsthums. Aus zahlreichen Untersuchungen von v. Bezold geht ferner hervor, dass jedes Thierindividuum einen für seine Art und sein Alter typischen Wassergehalt zeigt, der von der anatomischen Constitution, der Entwickelung und dem Wachsthum der Thiere abhängig erscheint. Der Wassergehalt der verschiedenen Organe, Gewebe und Flüssigkeiten ist aber ein sehr verschiedener, wie aus nachfolgender Zusammenstellung des Wassergehaltes einiger derselben sich ergiebt.

Mengenverhältnisse.

In 100 Gewichtstheilen sind enthalten:

	Wasser	Feste Stoffe
Zahnschmelz	0·2	99·8
Zähne	10	90
Knochen	22	78
Fett	29·9	70·1
Elastisches Gewebe	49·6	50·4
Knorpeln	55	45
Leber	69·3	30·7
Rückenmark	69·7	30·3
Haut	72	28
Gehirn	75	25
Muskeln	75·7	24·3
Milz	75·8	24·2
Thymus	77	23
Nerven	78	22
Blut	79·1	20·9
Herz	79·2	20·8
Zellgewebe	79·6	20·4
Nieren	82·7	17·3
Galle	86·4	13·6
Milch	89·1	10·9
Chylus	92·8	7·2
Schleim	93·4	6·6
Lymphe	98·3	1·7
Humor vitreus	98·7	1·3
Cerebrospinalflüssigkeit	98·8	1·2
Speichel	99·5	0·5
Schweiss	99·5	0·5

Nach den Bestimmungen von E. Bischoff, welchen obige Zahlen theilweise entnommen sind, besteht der Körper des erwachsenen Menschen aus 58·5 Proc. Wasser und 41·5 Proc. festen Stoffen, jener des

Neugeborenen aus 66·4 Proc. Wasser und 33·6 Proc. festen Stoffen. Nach Volkmann's Bestimmungen beträgt der mittlere Wassergehalt des ganzen Körpers mehr, nämlich 65·5, was mit den Erfahrungen Bezold's besser im Einklange steht. Die auffallend niedrige Angabe Bischoff's führt Volkmann darauf zurück, dass letzterer den Wasserreichthum der Knochen beträchtlich unterschätzte. Der Körper des Neugeborenen ist im Ganzen und in seinen einzelnen Theilen durchgängig wasserreicher.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass auch der Wassergehalt der einzelnen Gewebe und Organe gewissen Schwankungen unterworfen ist, und dass daher obige Zahlen nur das ungefähre mittlere Verhältniss ausdrücken sollen.

Abgesehen von dem flüssigen Wasser, kommt im Organismus auch Wasserdampf vor und zwar insbesondere in der Lungen- und Bronchialluft. Die Exspirationsluft ist meist mit Wasserdampf nahezu gesättigt und es werden auf diesem Wege beträchtliche Wassermengen aus dem Körper entfernt.

Zustände des Wassers im Organismus.

Zustände des Wassers im Organismus. Das Verhalten des Wassers im Organismus zeigt manches Eigenthümliche, was zu seiner physiologischen Bedeutung in naher Beziehung steht. Vor Allem ist hier zu betonen, dass es Gewebe und Organe giebt, in welchen der Wassergehalt den Gehalt an festen Stoffen bei Weitem überwiegt, ohne dass sie dadurch flüssig würden, ja es giebt sogar festweiche Organe, deren Wassergehalt grösser ist, wie jener thierischer Flüssigkeiten, wie z. B. die Nieren, deren Wassergehalt grösser ist, wie jener des Blutes. Es ergiebt sich daraus, dass hier das Wasser andere Beziehungen darbieten müsse, wie in den thierischen Flüssigkeiten, in welchen es mehr oder weniger die Rolle eines Lösungsmittels spielt. Dass hier Besonderheiten stattfinden, geht auch daraus hervor, dass die Consistenz derartiger Flüssigkeiten keineswegs immer von ihrem Wassergehalte, sondern vielmehr von der Natur der gelösten Stoffe abhängig erscheint. So sind Schleim, Sperma, Galle dickliche Flüssigkeiten und doch ist ihr Wassergehalt bedeutender wie jener des Blutes. Der Zustand endlich, in welchem das Wasser in festweichen Organen und Geweben enthalten ist, entbehrt jeder Analogie im Mineralreiche. Es ist nämlich hier so innig an die organisirte Materie gebunden, dass derartige Organe durch blosse Verdunstung bei gewöhnlicher Temperatur nie trocken werden, indem immer ein Theil des Wassers zurückgehalten wird. Auch in jenem Falle, wo sie ihr Wasser vollständig verloren haben, können sie es ganz oder doch zum grossen Theile wieder aufnehmen. Es ist eine Eigenthümlichkeit der organisirten Materien und der Organisation fähiger organischer Verbindungen, eine ihr eigenes Gewicht weit übersteigende Menge Wassers aufnehmen zu können, ohne ihren festweichen Zustand dadurch einzubüssen. Wenn wir diese Eigenschaft auch auf den Begriff der Imbibition zu-

rückführen müssen, so dürfen wir dabei nicht vergessen, dass es kein reines Wasser ist, welches imbibirt erscheint, sondern Wasser, welches verschiedene anorganische und organische Stoffe aufgelöst hält. So wenig das im Mineralreiche vorkommende Wasser reines Wasser sein kann, weil es mit der Erde in Berührung, aus dieser vermöge seiner Eigenschaft als allgemeinstes Lösungsmittel immer eine gewisse Menge von Stoffen aufnimmt, ebenso wenig kann es das im Thierkörper vorkommende sein, denn auch hier findet es auf seinen Wegen theils organische, theils anorganische Stoffe, die es aufnimmt, ganz abgesehen davon, dass es selbst als Getränk dem Organismus schon als Quell- oder Brunnenwasser, d. h. als Wasser mit einem gewissen Salz- und Gasgehalte zugeführt wird. Es kann nicht bezweifelt werden, dass hievon die Imbibitionsfähigkeit wesentlich beeinflusst wird, wenngleich die Gesetze dieses Einflusses noch nicht ermittelt sind. Die Beobachtung lehrt, dass viele Gewebe von reinem Wasser mehr imbibiren können, als sie im normalen Zustande enthalten und dann ihr Volumen vergrössern. In Salzlösungen dagegen von einer gewissen Concentration gelegt, geben sie Wasser ab, und vermindern dadurch ihr Volumen.

Abstammung des Wassers.

Abstammung des Wassers im Organismus. Bei Weitem der grösste Theil des im Thierkörper vorkommenden Wassers wird demselben von Aussen als solches durch Getränke und Speisen zugeführt, ein kleinerer Theil desselben aber wird erst im Körper gebildet, denn nur so lässt es sich erklären, warum, wie dies aus mehrfachen Beobachtungen hervorgeht, die Menge des aus dem Organismus ausgeschiedenen Wassers jene des von Aussen aufgenommenen bei gleichbleibendem Körpergewichte übertreffen kann und eine weitere Bestätigung findet diese Annahme in der Thatsache, dass in dem Respirationsprocesse die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure dem Volumen nach gewöhnlich nicht gleich, sondern kleiner ist, als das Volumen des in das Blut übergegangenen eingeathmeten Sauerstoffs. Die Kohlensäure enthält aber bekanntlich ein ihr gleiches Volumen Sauerstoff; wenn demnach der in das Blut aufgenommene Sauerstoff nur zur Bildung von Kohlensäure im Organismus verwendet würde, so müsste ein dem verbrauchten Sauerstoffvolum gleiches Kohlensäurevolum austreten. Die so scheinbar im Respirationsprocesse verschwindenden 10 bis 25 Proc. Sauerstoff müssen daher eine andere Verwendung finden und wenn man berücksichtigt, dass der Wasserstoff der organischen Körperbestandtheile ebenso gut umgesetzt wird, wie der Kohlenstoff, so erscheint es als das Nächstliegende, anzunehmen, dass der grösste Theil dieses Sauerstoffs zur Ueberführung des Wasserstoffs der umgesetzten Gewebsbestandtheile in Wasser verwendet wird. Aber auch hier haben wir diesen Vorgang nicht etwa so aufzufassen, als ob der Sauerstoff den Wasserstoff der organischen Gewebsbestandtheile unmittelbar und sofort zu Wasser oxydirte, sondern es ist vielmehr das gebildete Wasser als das Endproduct einer Reihe durch die oxydirende Wirkung

des Sauerstoffs vermittelter chemischer Umsetzungen anzusehen, sowie die Kohlensäure ihrerseits ein solches Endproduct ist. Dafür, dass eine solche Wasserbildung im Organismus stattfindet, spricht auch noch das Verschwinden des an Wasserstoff so reichen Fettes bei Hungernden. Die Thatsache, dass Thiere im Zustande des Winterschlafs an Gewicht zunehmen, mag darin ebenfalls ihre Erklärung finden (Liebig). Die Möglichkeit, dass ein anderer Theil des im Organismus gebildeten Wassers von hydrolytischen Spaltungsvorgängen und Wechselzersetzungen organischer Verbindungen stamme, wobei ja so häufig Wasser ausgeschieden wird, ist natürlich dadurch nicht ausgeschlossen, allein es fehlen uns für diese Art von Bildung alle weiteren positiven Anhaltspunkte.

Austritt des Wassers.

Austritt des Wassers aus dem Organismus. Das Wasser wird durch Nieren, Haut, Lungen und Darm ausgeschieden. Durch die Nieren mit dem Harn, durch die Haut als Schweiss und gasförmige Hauttranspiration, durch die Lungen als der Exspirationsluft beigemischter Wasserdampf, durch den Darm endlich mit den Excrementen. Die mit dem Harn täglich austretende Wassermenge beträgt etwa die Hälfte der gesammten, doch sind die Mengen des den Körper in einer gegebenen Zeit verlassenden Wassers sehr wechselnd und abgesehen von dem aufgenommenen Wasser auch abhängig von individuellen Zuständen, was ganz besonders von der Ausscheidung durch die Haut gilt.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Die Gegenwart des Wassers im Organismus ist eine der wesentlichsten Lebensbedingungen. Seine physiologische Bedeutung im Einzelnen gewinnt es durch folgende Momente: 1) Das Wasser ist das allgemeine Auflösungsmittel der im Thierkörper gelöst vorkommenden Stoffe und dadurch der Vermittler aller Bewegung im physikalischen und chemischen Sinne, der Diffusion, der chemischen Wechselwirkungen und der Säftebewegung. 2) Das Wasser ist Imbibitionsstoff; als solcher bedingt es den eigenthümlich festweichen Zustand der Organe und Gewebe, ihre Elasticität, ihre Ausdehnbarkeit, ihre Durchsichtigkeit; in Folge einer eigenthümlichen Adhäsion überzieht es selbe nicht nur an ihrer Oberfläche, sondern es dringt auch in das Innere derselben; dadurch wird die Permeabilität der Organe und Gewebe für wässerige Lösungen der verschiedensten Stoffe vermittelt und auch ihre elektrische Leitungsfähigkeit beeinflusst. 3) Durch seine Verdunstung, wie sie in der Haut, den Lungen so lange vor sich geht, als der den Körper umgebende Luftraum nicht schon mit Wasserdampf gesättigt ist, werden beträchtliche Mengen von Wärme latent, d. h. es wird dem Körper auf diesem Wege fortwährend Wärme entzogen, das Wasser ist demnach ein Abkühlungsmittel, und insoferne es vermittelst besonderer Apparate bald mehr, bald weniger abkühlt, ein Wärmeregulator.

Phisiologische Folgerungen.

Aus diesem Verhalten des Wassers im Organismus ergeben sich die physiologischen und praktischen Folgerungen von selbst. Da die Inte-

grität der Gewebe, Organe und thierischen Flüssigkeiten von einem gewissen Wassergehalte derselben, der nur innerhalb ziemlich enger Grenzen schwankt, abhängig erscheint, aber täglich an der Körperoberfläche, und ebenso durch die Oberfläche der Lungen beträchtliche Mengen Wassers verdunsten und ausserdem bedeutende Mengen mit dem Harn und den Excrementen entleert werden, so muss dieser Verlust durch Zufuhr von Aussen wieder ausgeglichen werden. Das Gefühl, welches uns dazu antreibt, ist der Durst und die Ausgleichung erfolgt durch Getränke und Speisen. Es bedarf keiner weiteren Erläuterung, dass mit der Steigerung des Wasserverlustes auch das Bedürfniss nach dem Ersatze wachsen muss und es erklärt sich hieraus zur Genüge, warum starke und anhaltende Körperbewegungen, bei welchen der Stoffwechsel überhaupt, namentlich aber die Wasserausscheidung durch Haut, Lungen und Nieren vermehrt ist, Durst hervorrufen. In noch höherem Grade ist dies der Fall, wenn die Körperbewegungen der Art sind, dass sie einen unmittelbaren Einfluss auf die reichliche Verdunstung von Wasser an der Oberfläche des Mundes, des Rachens und der Lungen ausüben. Daher der Durst nach lebhaftem Sprechen, Singen, Blasen von Blasinstrumenten u. s. w. Umgekehrt kann sich der Durst durch fortgesetzte Ruhe sehr vermindern, steigert sich aber andererseits durch aufregende Gemüthsbewegungen. Auch die Speisen üben einen grossen Einfluss auf das Eintreten des Durstes aus. Eine Steigerung des Durstes veranlassen alle trockenen und zähen Speisen, ferner alle solche mit herben oder scharfen Bestandtheilen, alle stark gesalzenen u. dgl. m. Diese erregen Durst, weil sie, viel Flüssigkeit zur Auflösung bedürfend, den Speichel und Magensaft schnell aufnehmen, weil sie einen unmittelbaren Reiz auf die Nerven des oberen Theils des Nahrungsschlauches ausüben, oder auch wohl deshalb, weil ihre Ausscheidung aus dem Blute in den Secretionsorganen nur in Verbindung mit vielem Wasser erfolgen kann. Aus ähnlichem Grunde machen selbst gewisse Getränke, wie Thee, Kaffee, Branntwein u. s. w., Durst. Je wärmer und trockener die Luft ist, die wir einathmen, desto mehr Durst fühlen wir. Daher trinken die Bewohner der Tropenländer mehr als Nordländer, die Bewohner der gemässigten Zone mehr im Sommer wie im Winter. Darum fühlen wir sehr bald Durst in sehr warmen Zimmern, daher trinken Männer, die an starkem Feuer arbeiten müssen, mehr wie solche, die sich an kalter und feuchter Luft aufhalten, wie z. B. Fischer. Auch beim Besteigen hoher Berge tritt gewöhnlich Durst ein, was einerseits auf die Beschleunigung des Stoffwechsels, namentlich den Wasserverlust durch Schweiss, und andererseits auf die Trockenheit der Luft zurückfzuführen ist. Nach den Beobachtungen von Volney und Larrey wird auch bei heftigem Winde, wo der rasche Luftwechsel dem Körper viel verdunstendes Wasser entzieht, namentlich wenn die Luft, wie in den Sandwüsten, trocken und heiss ist, der Durst auf empfindliche Weise vermehrt.

Durst und seine Ursachen.

Die Gewohnheit hat auf das Ertragen des Durstes innerhalb ge-

wisser Grenzen einen mächtigeren Einfluss, als auf den Hunger. Die Entbehrung von Getränken ist deshalb länger zu ertragen, wie die Entbehrung von festen Speisen, weil auch durch feste Speisen dem Blute eine gewisse Wassermenge zugeführt wird. Bei dem Durste hat man aber immer die örtlichen von den allgemeinen Erscheinungen zu trennen. Die dabei auftretende Trockenheit des Schlundes und der Mundhöhle entsteht in Folge des Verdunstens des auf ihren Oberflächen befindlichen Wassers, und deshalb nehmen die örtlichen Empfindungen zu auf alle Anlässe, welche jene Verdunstung befördern. Der Grund der allgemeinen Erscheinungen aber ist der verminderte Wassergehalt des Blutes, welcher veränderte Ernährungsverhältnisse aller Organe und namentlich auch der Nerven zur Folge hat. Deshalb vermögen wir durch Anfeuchtung des Mundes mit einigen Tropfen Wasser, oder durch Auflegung saftiger Früchte auf die Zunge das Durstgefühl zu mildern, aber nicht zu stillen, deshalb leiden Thiere, bei welchen die Ausführungsgänge der Speicheldrüsen unterbunden sind, an erhöhtem Durst. Die Abhängigkeit der intensiveren Dursterscheinungen dagegen von dem geringeren Wassergehalte des Blutes beweist die vielfach constatirte Thatsache, dass von einer beliebigen Körperstelle her aufgenommenes Wasser den Durst zu vermindern oder sogar zu löschen im Stande ist. So verliert sich bei Menschen und Thieren der Durst durch Einspritzung von Wasser in den Mastdarm oder die Adern (Dupuytren, Orfila). Ebenso vermögen erfahrungsgemäss Bäder den Durst zu stillen. Schon wiederholt wurde die Eigenschaft der Haut, Wasser aufzunehmen, dazu benutzt, um Seeleute, denen es an süssem Wasser gebrach, gegen die Qualen des Durstes zu schützen. Die Entstehung des Durstes aus Wassermangel im Blute lehren auch die Beobachtungen von Bidder und Schmidt und H. Nasse, in welchen auf die Durchschneidung beider Vagi deshalb starker Durst erfolgte, weil in Folge der Lähmung des unteren Theils der Speiseröhre der verschluckte Speichel nicht in den Magen gelangte, sondern nach einiger Zeit wieder ausgebrochen ward.

So wie endlich die Durst verursachende Wirkung gewisser Speisen und Getränke durch reichlichere Wasserausscheidungen veranlasst scheint, so wirken gewisse Stoffe dadurch durstlöschend, dass sie die Wasserausfuhr beschränken. Dieses scheint namentlich von den verdünnten Säuren zu gelten.

c. Salze.

Nachdem wir die allgemeinen physiologischen Beziehungen der anorganischen Salze des thierischen Organismus bereits S. 52 erörtert haben, können wir alsbald zur Einzelbetrachtung derselben übergehen,

doch erscheint es zweckmässig, noch Einiges, was bei der allgemeinen Betrachtung keinen Platz fand, vorauszuschicken.

Das, was man gewöhnlich Aschenbestandtheile des Thierkörpers nennt, fällt so ziemlich mit seinen Salzen zusammen, wenngleich die Zusammensetzung der Asche von Thierstoffen, d. h. des nach der Verkohlung derselben restirenden feuerbeständigen Rückstandes, keineswegs genau ausdrückt, in welcher Verbindungsform die anorganischen Stoffe im intacten Organismus enthalten sind. So wie der Wassergehalt des Thierorganismus ein typischer und nur innerhalb gewisser Grenzen schwankender ist, und so wie dieser in einem ganz bestimmten Verhältnisse zu den Entwickelungsphasen des Thieres steht, ebenso auch der Gehalt an Aschenbestandtheilen oder Salzen. Aus den Untersuchungen von Bezold geht nicht nur dieses hervor, sondern es ergiebt sich daraus auch, dass von einer gewissen Stufe der embryonalen Entwickelung des Thieres bis zur Vollendung der progressiven Entwickelungsperiode, der Gehalt der Thiere an Salzen eine stetige, jedoch in den ersten Zeiträumen des selbstständigen vegetativen Lebens äusserst langsame Zunahme erfährt.

Chlornatrium: NaCl.

Literatur: Barral l. c. — Moleschott: Physiologie der Nahrungsmittel. Tabelle LXX. — Ludwig: Lehrb. der Physiologie, 2te Aufl. Bd. I, S. 22. — Liebig: Chem. Briefe. 4te Aufl. Bd. II, S. 118. — Boussingault: Ann. d. Ch. et Phys. T. XIX. XX. XXII. — Robin et Verdeil: Traité de Chim. anat. T. II, 197. — C. Voit: Unters. über den Einfluss des Kochsalzes auf den Stoffwechsel. München 1860. — Derselbe: Berichte d. Münch. Akad. 1869. 4. Dec. — Voit u. Bauer: Ber. d. Münch. Akad. 1868. 5. Dec.; Zeitschr. f. Biologie V. S. 536. — Klein und Verson: Sitzungsber. der Wiener Akad. LV, II. Apr. S. 627. — Woronichin: Wiener med. Jahrb. 1868. 159. — Kemmerich: Physiol. Wirkung der Fleischbrühe. Dissert. Bonn, 1868. — Derselbe: Arch. für Physiol. II. S. 49. — G. Bunge: Zeitschr. für Biologie IX. (1873). 104. — J. Forster: Zeitschr. f. Biol. IX. 297. — Bunge: Der Kali-, Natron- und Chlorgehalt der Milch vergl. mit dem anderer Nahrungsmittel und des Gesammtorganismus der Säugethiere. Zeitschr. f. Biol. X, 1874. 295. 335. — Derselbe: Ethnol. Nachtrag zur Abhandlung über die Bedeut. d. Kochsalzes. Zeitschr. f. Biol. X, 111.

Vorkommen. Das Chlornatrium ist im Thierorganismus ausserordentlich verbreitet und nicht nur in allen thierischen Flüssigkeiten, sondern auch in allen Geweben und Organen enthalten. Von allen anorganischen Salzen kommt es in den thierischen Flüssigkeiten in grösster Menge vor, und es ist in hohem Grade bemerkenswerth, dass hier und insbesondere im Blute seine Menge eine ziemlich constante und von dem

Vorkommen.

Kochsalzgehalte der Nahrung unabhängige ist. Auch die Vertheilung des Kochsalzes in den verschiedenen Körpertheilen ist eine sehr eigenthümliche. So ist es im Blute hauptsächlich im Blutplasma, d. h. in der Flüssigkeit enthalten, in welcher die Blutkörperchen suspendirt sind, während letztere nur sehr wenig oder kein Kochsalz enthalten. So sind im Chylus, Lymphe, im Eierweiss bedeutende Mengen davon enthalten, während es im Safte des Muskelfleisches und einiger Drüsen und im Eidotter ausserordentlich zurücktritt. Durch ihren hohen Kochsalzgehalt ausgezeichnet sind Speichel, Magensaft, Schleim, Eiter und entzündliche Exsudate. Nach den Untersuchungen von Bunge zeigt der Natriumgehalt der Säugethiere keine beträchtlichen Schwankungen. Bei den Pflanzenfressern überwiegt das Kalium, bei den Fleischfressern das Natrium.

Zustände des Chlornatriums.

Zustände im Organismus. Der Zustand, in welchem sich das Chlornatrium im Organismus befindet, ist im Allgemeinen der einer einfachen Lösung und das Lösungsmittel ist das Wasser. Auch das in den festweichen Organen vorkommende Kochsalz ist in Wasser gelöst, es bildet keinen Bestandtheil der organisirten Formelemente, sondern einen Bestandtheil der sogenannten parenchymatösen Flüssigkeiten der Gewebe, die sich durch Auspressen derselben und mechanische Zerstörung ihrer Formelemente gewinnen lassen. Auch in den Knochen, Zähnen und Knorpeln ist es wohl nur Bestandtheil der sie durchtränkenden oder durchströmenden Säfte.

Abstammung des Chlornatriums.

Abstammung. Alles im Körper vorkommende Chlornatrium wird durch die Nahrung dem Körper einverleibt. Die Menge des aufgenommenen Kochsalzes ist natürlicherweise abhängig von der Menge der Nahrung, vom Kochsalzgehalte derselben an und für sich, und von dem als Würze zugesetzten.

Austritt des Chlornatriums.

Austritt. Das Kochsalz verlässt den Körper mit dem Harne, den Excrementen, dem Mund- und Nasenschleim, dem Schweisse. Der grösste Theil wird mit dem Harn ausgeschieden. Auf diesem Wege scheidet ein erwachsener Mann von 63·65 Kilogr. Körpergewicht in 24 Stunden im Mittel 11·88 Grm. aus. Rechnet man aber dazu die mit den übrigen Excreten austretenden Kochsalzmengen, so würde nach den Beobachtungen von Barral diese Gesammtmenge immer noch kleiner sein, wie die mit den Nahrungsmitteln aufgenommene. Dies begreift sich leicht, wenn man berücksichtigt, dass im Organismus immer eine gewisse Menge Kochsalz chemische Umsetzungen erleidet. So stammt das Chlorkalium des Fleisches und der Blutkörperchen wahrscheinlich von einer Umsetzung des Chlornatriums und Kaliumphosphates in Natriumphosphat und Chlorkalium, die freie Salzsäure des Magensaftes und das Natrium der Galle haben wahrscheinlich einen ähnlichen Ursprung, und

so darf ein theilweises Verschwinden des Chlornatriums im Organismus allerdings nicht Wunder nehmen.

Physiologische Bedeutung. Der bedeutende Kochsalzgehalt des Thierorganismus, die Unabhängigkeit seiner Menge im Blute von der mit der Nahrung aufgenommenen, die typische Vertheilung desselben im Blute und den Geweben, endlich der Instinct, der viele Thiere und die Menschen zu seinem Genusse antreibt, alle diese Umstände lassen an der physiologischen Bedeutung des Chlornatriums für den Lebensprocess nicht zweifeln, und es entsteht nur die Frage: in welcher Weise es bei den Functionen desselben betheiligt ist.

Physiologische Bedeutung.

In physikalischer Beziehung hat es nach den Beobachtungen von Voit[1]) unzweifelhaft einen bedeutenden Einfluss auf die Diffusionsvorgänge im Körper. Auch aus den Versuchen von Liebig ergiebt sich eine bestimmte Beziehung des Aufsaugungsvermögens thierischer Membranen zu dem Salzgehalte der Lösungen, die sich auf die Blutgefässe übertragen lässt. Mit dem Salzgehalte getrunkenen Wassers ändert sich auch das Aufsaugungsvermögen der Blutgefässe für das Wasser; ist dessen Salzgehalt kleiner wie der des Blutes, so wird es mit grösster Schnelligkeit aufgenommen und durch die Nieren wieder ausgeschieden; bei einem gleichen Salzgehalte tritt ein Gleichgewicht ein; enthält das Wasser mehr Salz als das Blut, so tritt es nicht mehr durch die Nieren, sondern durch den Darmcanal aus (salinische Abführmittel).

Dass ein Zusatz von Kochsalz zu unseren Speisen die Verdauung derselben befördert und dass der menschliche Instinct diesen Zusatz als etwas geradezu Unentbehrliches zu allen Zeiten und bei allen Kulturvölkern herausgefühlt hat, ist bekannt genug. Bunge hat die Thatsache hervorgehoben, dass unter den Thieren nur die Pflanzenfresser ein Bedürfniss nach Chlornatrium zeigen, nicht aber die Fleischfresser, sowie dass in der Nahrung das pflanzenfressende Thier sowie das fleischfressende auf die Einheit des Körpergewichts ungefähr gleichviel Chlor und Natrium aufnehmen, während dagegen das Kalium in der Nahrung des Pflanzenfressers doppelt so viel beträgt, wie in jener des Fleischfressers. Da nun Kaliumsalze, deren elektronegativer Bestandtheil nicht Chlor, sondern z. B. Phosphorsäure ist, sich mit Chlornatrium unter Austauschung der Säuren umsetzen, und demnach phosphorsaures Kalium sich im Blute mit dem Chlornatrium des Plasmas in Chlorkalium und phosphorsaures Natrium verwandeln, welche beiden Salze als überschüssig durch die Nieren ausgeschieden werden, so muss dem Blute durch Aufnahme von phosphorsaurem Kalium Chlor und Natrium entzogen werden und es würde hieraus folgen, dass ein Thier, welches eine an Kalium

[1]) Untersuch. über den Einfluss des Kochsalzes auf den Stoffwechsel. — Derselbe: Ber. der Münchner Akademie 1869. 4. Dec. — Voit u. Bauer: Zeitschr. f. Biologie, V, 536.

reiche Nahrung geniesst, wie der Pflanzenfresser, Kochsalz zu dieser Nahrung fügen muss, um die normale Chlor- und Natriummenge dem Organismus zu erhalten. Aus einer Reihe sehr umsichtig angestellter Versuche von Bunge ergiebt sich in der That die Richtigkeit dieser Voraussetzungen. Betrachtet man das Verhältniss von Kalium und Natrium in der Milch als das für die Ernährung günstigste, so folgt daraus, dass die vegetabilischen Nahrungsmittel einen Zusatz von Kochsalz erfordern. Damit würde übereinstimmen, dass alle uncivilisirten Völkerschaften, die sich ausschliesslich von Fleisch und Fischen nähren, den Gebrauch des Salzes verschmähen sollen (Bunge), alle von rein vegetabilischer Nahrung sich nährenden dagegen, so wie die Kulturvölker das Kochsalz als ein Lebensbedürfniss betrachten. Vergleichende Bestimmungen der Aschenanalysen der Nahrungsmittel des Menschen ergeben, dass auch in diesen der Kaliumgehalt den des Natriums meist bedeutend überwiege, und es wäre demnach die Bedeutung des Kochsalzes für den Pflanzenfresser, wie für den Menschen darin zu suchen, dass sie durch den Genuss desselben in den Stand gesetzt werden, den Kreis ihrer Nahrungsmittel zu erweitern. Es ist bemerkenswerth, dass lange vor Bunge Braconnot und Daurier gefunden haben, dass Schafe, die täglich 15 Grm. Chlornatrium mit dem Futter erhielten, durch den Harn nur Chlorkalium ausschieden, was wohl so zu verstehen ist, dass die genannten Beobachter sämmtliches Chlor des Harns an Kalium gebunden fanden.

Die hohe Bedeutung des Chlornatriums für den Lebensprocess im Allgemeinen erhellt aus der von Voit (J. Forster) ermittelten Thatsache, wonach man Thiere bei salzarmer Nahrung ziemlich lange erhalten kann, da Salzmangel deshalb sehr spät im Körper auftritt, weil der grössere Theil des Kochsalzes auch bei Mangel in der Nahrung zurückbleibt und von den Organen zurückgehalten wird. Damit stimmt auch das Resultat der Versuche von Kemmerich, welcher fand, dass das Blutserum ohne alle Zufuhr von Natriumsalzen Natrium in beträchtlicher Menge zurückhält und zwar auch dann, wenn dem Thiere statt Natrium grössere Mengen von Kaliumsalzen in der Nahrung dargeboten werden. Wenn beim Hungerzustande im Anfange viel Kochsalz abgegeben wird, so rührt dies nach Voit davon her, weil durch das Schwinden der Organe dasselbe mehr und mehr überflüssig wird; aber auch Bidder und Schmidt ermittelten, dass hungernde Thiere sehr bald gar kein Kochsalz mehr durch den Harn ausscheiden, so dass also die Gewebe und Säfte dasselbe hartnäckig zurückhalten. Es unterliegt deshalb wohl keinem Zweifel, dass das Chlornatrium für die Organbildung von Wichtigkeit ist. Die von Klein und Verson aus ihren Versuchen gezogene Folgerung, dass Chlornatrium einfach nur ein Genussmittel sei, wird durch den Umstand hinfällig, dass sie ihre Versuche schon nach acht Tagen abschlossen, demnach nach den Erfahrungen von Voit zu einer Zeit, wo ihr Körpervorrath an Chlornatrium noch lange nicht erschöpft war. Es sprechen aber auch die Bunge'schen Resultate dagegen.

Chlorkalium: KCl.

Literatur: Cl. Bernard et Grandeau: Journ. de l'anat. et de physiol. I, p. 378. — Traube: Berl. klin. Wochenschr. 1864, Nr. 9, 15, 24. — Johannes Ranke: Tetanus 1865, S. 398. — Blake: Edinb. med. and. surg. Journ. 1838. — Podcapäw: Arch. f. path. Anat. Bd. XXXIII, S. 505. — P. Guttmann: Berl. Klin. Wochenschr. 1865. Nr. 34, 35, 49. — Reinson: Untersuch. über die Ausscheid. des Kali und Natron durch den Harn. Dorpat 1864. — Kemmerich: Physiol. Wirkungen d. Fleischbrühe. Dissert. Bonn 1868. Arch. f. Physiol. II, S. 49. — Salkowski: Arch. f. path. Anat. LIII, S. 200. — J. Ranke: Die Lebensbedingungen der Nerven etc. Leipzig 1868. — G. Bunge: Zeitschr. f. Biologie. IX (1873), 104. — J. Kurtz: Ueber Entziehung von Alkalien aus dem Thierkörper. Dissert. Dorpat 1874. — A. Dehn: Ueber die Ausscheidung der Kalisalze. Dissert. Rostock 1876.

Vorkommen.

Vorkommen. Man nimmt im Allgemeinen an, dass Chlorkalium Begleiter des Chlornatriums im Organismus sei, allein diese Annahme gründet sich auf Voraussetzungen, welche ziemlich problematischen Werthes sind. Es tritt hier wie in allen analogen Fällen die grosse Unsicherheit hervor, in welcher wir uns befinden, wenn wir die Bestandtheile der Asche thierischer oder pflanzlicher Stoffe zu Salzen zu gruppiren unternehmen. Zuerst pflegen wir das vorhandene Chlor an Natrium zu binden, und bleibt uns dann noch Chlor übrig, so binden wir es an Kalium u. s. w. Jedenfalls aber tritt das Chlorkalium in den meisten Organen und Geweben gegenüber dem Kochsalze der Menge nach sehr zurück, wie denn überhaupt das Kalium meist an Phosphorsäure in verschiedenen Sättigungsverhältnissen gebunden sein mag. In den Blutkörperchen, der Fleischbrühe und den Flüssigkeiten einiger anderer Drüsensäfte scheint dagegen Chlorkalium das Chlornatrium in der That zu überwiegen; dass übrigens der Gehalt des Organismus an diesem Salze innerhalb gewisser Grenzen eingeschlossen bleiben muss, ergiebt sich aus den physiologisch wichtigen Betrachtungen von Grandeau, Traube, Cl. Bernard, J. Ranke, Podcapäw und Guttmann (Rosenthal). Diese Physiologen haben übereinstimmend gefunden, dass Kaliumsalze überhaupt, insbesondere aber Chlorkalium, direct ins Blut injicirt, auch in verdünnter Lösung sehr rasch lähmend auf sämmtliche gestreifte Muskelfasern und das Herz wirken, sonach sehr heftige Gifte sind, während Kochsalzlösungen sich unschädlich erweisen, ja durch sie sogar die Muskelthätigkeit, die durch Chlorkalium aufgehoben ist, wieder angeregt werden soll (Podcapäw). Ebenso hat man gefunden, dass Muskeln und Nerven in Chlorkaliumlösungen rasch ihre Erregbarkeit verlieren (Guttmann). In kleinen und mittleren Dosen und durch den Magen einverleibt, äussern die Kaliumsalze dagegen nach den Versuchen von Kemmerich eine wesentlich abweichende Wirkung; sie rufen dann

bei Erhöhung des arteriellen Druckes Beschleunigung der Herzaction und Verstärkung der Herzcontractionen hervor. Die innigen Beziehungen, die zwischen Kaliumsalzen und Muskeln bestehen, bestehen auch für die Ernährung und Entwickelung des Nervensystems. Die Aschenanalysen nervöser Centralorgane ergeben einen sehr hohen Kaliumgehalt und die Beobachtung J. Ranke's, dass die Nervencentralorgane aus Kalium haltenden Flüssigkeiten weit grössere Mengen von Kalium aufnehmen, als Natrium aus Natriumsalzen, ist ebenfalls von physiologischer Bedeutung.

Sonstige physiologische Beziehungen.

Der Erwähnung werth ist es endlich, dass nach den Versuchen von Reinson durch Einfuhr von Natriumsalzen in den Organismus von Hunden der Gehalt des Harns an Kalium eine auffallende Zunahme erfuhr, ja nach der Darreichung von 8 Grm. Chlornatrium fand sich am vierten Tage gar kein Natron im Harne. Auch ältere Versuche von Böcker ergaben ähnliche Resultate. Phosphorsaures Kalium dagegen in den Organismus eingeführt, hat nach den Beobachtungen von Bunge eine Vermehrung der Natriumausscheidung zur Folge. Dies gilt aber nur so lange, als im Körper noch ein gewisser Vorrath von Natrium vorhanden ist (Kurtz). Eine bedeutende Vermehrung der Kaliumausscheidung tritt ein nach dem Genusse von Fleischbrühe, Fleischextract, Kaffee und Bier (Dehn).

Ein Ausscheidungsorgan für die Kaliumsalze scheinen die Speicheldrüsen zu sein. Salkowski fand in dem bei *Angina tonsillaris* mit *Stomatitis* reichlich abgesonderten Speichel in 515 Cc. (der 24st. Menge) 0·647 Grm. Kali, und nur 0·116 Natron. Bemerkenswerther Weise sah Kemmerich nach Kalivergiftung starke Salivation eintreten.

Chlorammonium: NH_4Cl.

Literatur: Wiederhold: Deutsche Klinik. 1861. Nr. 18. — Bidder und Schmidt: Verdauungssäfte und Stoffwechsel, S. 29.

Vorkommen.

Vorkommen. Es fehlt nicht an Angaben über das Vorkommen des Chlorammoniums im Thierkörper, allein dieselben sind im Allgemeinen wenig zuverlässig. Man will diese Verbindung im Urin, dem Speichel, den Thränen, in der Hautsalbe, im Schweiss und im Magensaft gefunden haben. Mit einiger Genauigkeit scheint aber nur ihre Gegenwart im Magensafte des Schafes und Hundes constatirt su sein. Dass geringe Mengen von Ammoniumsalzen in Se- und Excreten vorkommen, ist unzweifelhaft, allein nicht entschieden ist es, in welcher Verbindungsform dieselben zugegen sind. Wiederhold will Salmiak in der Exspirationsluft nachgewiesen haben.

Wenn überhaupt Salmiak im Thierkörper vorkommt, findet er sich in ausserordentlich geringer Menge. Im Magensafte des Schafes und Hundes fanden Bidder und Schmidt: im speichelfreien des Hundes 0·0468 Proc., im speichelhaltigen derselben Thiere 0·0537 Proc., in dem des Schafes 0·0473 Proc.

Sonstige physiologische Beziehungen.

Ob das im Thierkörper vorkommende Chlorammonium von Aussen stammt und mit den Nahrungsmitteln in den Körper gelangt, oder ob es Product chemischer Umsetzungen im Organismus ist, lässt sich nicht entscheiden, doch ist letzeres wahrscheinlicher. Seine Ausscheidung, wenn es überhaupt als solches ausgeschieden wird, erfolgt wohl durch den Harn, vielleicht durch den Schweiss. Doch fehlen darüber exacte Beobachtungen gänzlich. Seine physiologische Bedeutung ist jedenfalls eine sehr untergeordnete, wenn es nicht gar ein zufälliger und unwesentlicher Bestandtheil des Thierkörpers ist.

Fluorcalcium: $CaFl_2$.

Vorkommen.

Vorkommen. Sehr geringe Mengen von Fluorcalcium oder besser von Fluor, welches man wegen der überhaupt vorhandenen Basen an Calcium gebunden voraussetzt, hat man in den Knochen und Zähnen, namentlich im Schmelze der letzteren nachgewiesen. Auch im Blute, der Milch und im Gehirn will man geringe Spuren von Fluormetallen gefunden haben (Wilson: Chem. Gazette 1850. 366; Instit. 1850. 365. Horsford: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. CXLIX, S. 202).

Durch welche Nahrungsmittel es in den Körper gelangt, wie es aus selbem austritt und welche physiologische Bedeutung ihm zukommt, ist gänzlich unbekannt.

Natrium- und Kaliumcarbonate.

$$CO_3Na_2 . CO_3NaH . 3(CO_3)Na_4H_2 . CO_3K_2 . CO_3KH.$$

Literatur: Lehmann: Lehrb. der physiol. Chem. Bd. I, S. 407. — Wöhler: Zeitschr. f. Physiol. Bd. I, S. 305. — Piotrowsky: De quorundam acid. organic. in organ. hum. mutationibus. Dissert. Dorpat 1856. — Magawly: De ratione qua nonnulli sal. org. et anorg. in tract. intest. mutantur. Dissert. Dorpat 1856. — Nasse: Simon's Beiträge zur phys. Chem., S. 449. — Lothar Meyer l. c. — Fernet l. c. — Liebig: Handwörterb. d. Chem. von Liebig, Poggendorff und Wöhler. Bd. I, S. 901. — Derselbe: Chem. Briefe. Bd. II. 4te Aufl. S. 108 u. ff. — v. Gorup-Besanez: Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. CX, S. 86. Bd. CXXV, S. 207. — Setschenow: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1873. 355.

Vorkommen.

Vorkommen. Kohlensaure Alkalien findet man häufig in der Asche thierischer Substanzen, allein diese stammen dann meist wohl von der Verbrennung organischer an Kalium und Natrium gebundener Säuren. Doch kann nach Allem nicht bezweifelt werden, dass sie auch in gewissen thierischen Flüssigkeiten präformirt vorkommen, so namentlich im Blute und Harne grasfressender Thiere, und in geringerer Menge auch im Blute der Omnivoren. Auch im Harne des Menschen treten unter Umständen nicht unbeträchtliche Mengen von kohlensauren Alkalien auf, dann nämlich, wenn dem Organismus neutrale pflanzensaure Alkalien einverleibt wurden. Diese erscheinen im Harne als kohlensaure Alkalien wieder, und es wird daher der sonst bei Omnivoren und Fleischfressern saure Harn nach dem Genusse pflanzensaurer Alkalien bald deutlich alkalisch, eine Reaktion, die der Harn der Pflanzenfresser im normalen Zustande zeigt. Auch in der Lymphe und dem Parotidenspeichel des Pferdes will man Natriumcarbonat gefunden haben.

So viele Gründe übrigens für die Gegenwart des Natriumcarbonates im Blute etc. sprechen (vgl. S. 61), so dürfen wir doch nicht verschweigen, dass man keineswegs dieses Salz als solches im isolirten Zustande abgeschieden und dadurch den unwiderleglichsten Beweis für seine Gegenwart geliefert hat, sondern es sind die vorliegenden Beweise für seine Gegenwart theoretische und indirecte. Man schliesst auf die Gegenwart kohlensaurer Alkalien im Blute, weil man bei vorsichtiger Bereitung der Blutasche darin Kohlensäure an Alkalien gebunden findet, weil ferner das Blut alkalische Reaction besitzt und nach den übereinstimmenden Erfahrungen der verschiedensten Beobachter Kohlensäure in einer löslichen chemischen Verbindung enthält, wie dies bereits bei Gelegenheit des Kohlensäuregases erörtert wurde. Wenn aber Kohlensäure an Basen gebunden im Blute vorkommt und zwar in alkalischer Lösung, so können diese Basen selbstverständlich nur Alkalien sein, denn nur die Verbindungen der Kohlensäure mit Alkalien sind als einfach kohlensaure Salze für sich im Wasser löslich und wenn kohlensaure Alkalien im Blute vorkommen, so wird, da im Blute neben Kalium immer auch Natrium und zwar, abgesehen vom Chlornatrium, in meist überwiegender Menge vorkommt, jedenfalls ein Theil der Kohlensäure an Natrium gebunden sein. Ein weiterer Grund für die Annahme kohlensaurer Alkalien im Blute liegt in dem Resultate der mit Blut und Blutserum angestellten Absorptionsversuche für Gase. Diesen Versuchen zufolge verhält sich eine Lösung von Natriumcarbonat gegen freie Kohlensäure ganz analog dem Blutserum; sie nimmt theils Kohlensäure chemisch auf, indem sich Bicarbonat bildet, und theils absorbirt sie dieselbe einfach nach dem Dalton-Bunsen'schen Gesetze; und so wie man aus dem Blute die Kohlensäure zum Theil durch ein indifferentes Gas austreiben kann, so verliert auch Natriumbicarbonat durch Einleiten eines anderen Gases Kohlensäure. So wichtig diese Beobachtungen sind, so darf man

doch nicht vergessen, dass sich Natriumphosphat ganz ähnlich verhält und da nun dieses Salz im Blute ebenfalls enthalten ist, so können selbe keineswegs für sich als ein Beweis der Gegenwart kohlensaurer Alkalien angesehen werden. Von Bedeutung aber ist der Umstand, dass in dem an phosphorsauren Alkalien ärmeren Blute der Pflanzenfresser die Absorptionsvorgänge dieselben sind, was sich durch die Annahme von kohlensauren Alkalien befriedigend erklären lässt, da diese in der That in dieser Hinsicht den phosphorsauren Alkalien gleichwerthig sind. Auf experimentellem Wege ermittelt ist daher nur, dass die Blutasche kohlensaures Alkali enthält, und dass im Blute selbst Kohlensäure in einer löslichen chemischen Verbindung enthalten ist; dass diese Verbindung aber kohlensaures Alkali ist, ist durch Induction erschlossen. Wir werden sogleich sehen, dass diese Schlussfolgerung auch noch durch andere Gründe gestüzt wird.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Wo dieses Salz im Organismus vorkommt, ist es einfach gelöst, allein eine andere Frage ist die, ob die Form, in der es namentlich im Blute vorkommt, die des einfach-, die des anderthalb-kohlensauren Natriums oder endlich die des Bicarbonates ist. Man muss es für wahrscheinlich halten, dass im Blute Bicarbonat enthalten ist, denn nach den Versuchen von L. Meyer nimmt Sodalösung aus einer Kohlensäure enthaltenden Atmosphäre so lange Kohlensäure auf, bis das rückständige Gas noch etwa 1 Proc. Kohlensäure enthält. Ist dieser Zustand eingetreten, so hält die Tension der Kohlensäure der chemischen Anziehung das Gleichgewicht, so dass eine weitere Aufnahme nicht stattfindet. Umgekehrt wird aber eine Lösung von Bicarbonat an eine kohlensäurefreie Atmosphäre so lange Kohlensäure abgeben, bis der Kohlensäuregehalt derselben etwa 1 Proc. beträgt, bei welchem Punkte wieder Gleichgewicht eintritt. Hierzu ist jedoch zu bemerken, dass nach neueren Versuchen von Setschenow die Bicarbonatbildung als eine von der Lösungsconcentration und vom Drucke abhängige Grösse sich darstellt. Für das Vorkommen von Natriumbicarbonat im Blute sprechen endlich von Liebig ermittelte Thatsachen. Fällt man Blutserum mit Alkohol und wäscht den Niederschlag vollständig aus, so giebt der Niederschlag beim Verbrennen keine alkalische Asche und enthält kein Natron. Leitet man nun durch die alkoholische Flüssigkeit Wasserstoffgas, so treibt dieses Kohlensäure aus, wie dies nach den Versuchen von H. Rose und Magnus auch beim Natriumbicarbonat der Fall ist. Setzt man endlich zu der weingeistigen Flüssigkeit Quecksilberchlorid, so giebt dies, wie mit Natriumbicarbonat keinen Niederschlag; es setzen sich aber gerade so wie in Lösungen von Natriumbicarbonat nach einiger Zeit braune Krystalle von Quecksilberoxychlorid ab.

Abstammung.

Abstammung. Die im Thierkörper vorkommenden kohlensauren Alkalien werden selbem jedenfalls nur zum Theil von Aussen mit den

Nahrungsmitteln und Getränken zugeführt, ein anderer Theil wird im Organismus selbst erst gebildet, und zwar durch Verwandlung der Natriumsalze organischer dem Organismus zugeführter, oder in ihm selbst erst durch Umsetzungen entstandener Säuren in Natriumcarbonat durch die energisch oxydirenden Wirkungen des Thierkörpers. Schon seit lange weiss man, dass bei reichlichem Genusse von Obst, wie Kirschen, Erdbeeren, Aepfeln, oder von anderen Vegetabilien der sonst sauer reagirende Harn des Menschen alkalisch werden und dann kohlensaure Alkalien enthalten kann. Alle diese Früchte und Vegetabilien aber, die den Harn alkalisch machen, enthalten Pflanzensäuren: vorzugsweise Aepfelsäure, Citronensäure und Weinsäure an Alkalien gebunden. Wöhler, Lehmann, Buchheim u. A. haben gefunden, dass sich äpfelsaure, citronensaure, weinsaure und andere organisch-saure Alkalien dem Organismus durch den Mund oder in Form eines Klystieres einverleibt, oder in die Venen injicirt gerade so verhalten wie die oben genannten diese Salze enthaltenden Vegetabilien. Sie machen in genügender Menge eingeführt den Harn alkalisch, indem sie im Organismus zu kohlensauren Salzen verbrannt, im Harn als kohlensaure Alkalien austreten. Es ist daher klar, dass ein Theil der im Thierkörper vorkommenden kohlensauren Alkalien von dieser Quelle stammen wird und dies wird um so einleuchtender, als gerade das Blut und der Harn der Pflanzenfresser reich an kohlensauren Alkalien sind, während im Blute der Omnivoren die kohlensauren Alkalien gegen die phosphorsauren sehr zurücktreten und sie bei auf ausschliessliche Fleischdiät gesetzten Thieren vielleicht ganz fehlen (?). Die kohlensauren Alkalien des Harns der Pflanzenfresser stammen daher von den im Organismus zu kohlensauren Salzen verbrannten pflanzensauren Alkalien des Futters her. Nach diesen Erwägungen erscheint es wahrscheinlich, dass auch im Organismus erzeugte Säuren, deren es nicht wenige giebt, zur Bildung von kohlensauren Alkalien Veranlassung geben können; indem sie bereits vorhandenes kohlensaures Alkali zersetzen, bilden sich Salze dieser Säuren, die aber ebenso schnell wieder zu kohlensauren Salzen verbrannt werden, als sie sich bilden.

Austritt.

Austritt. Dass das im Organismus in der soeben angegebenen Weise gebildete Natriumcarbonat zum Theil durch den Harn ausgeschieden wird, wurde bereits erwähnt. Auch ergiebt sich aus dem Obigen, dass ein Theil desselben immer wieder zersetzt wird, indem die frei werdende Kohlensäure durch die Lungen etc. entweicht. Eine ähnliche Zersetzung kann möglicherweise durch freie dem Organismus einverleibte Säuren veranlasst werden und ebenso kann jener Theil, der mit dem Speichel in den Nahrungsschlauch gelangt, hier zum Theil eine analoge Zersetzung erfahren, zum Theil wieder resorbirt werden und zum Theil endlich mit der Darmausleerung den Körper verlassen.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Die Kenntnisse, die wir von den chemischen Processen im Thierkörper, von dem Gaswechsel in der Respiration, endlich von dem Einflusse der Gegenwart von Alkalien auf Oxydations- und andere chemische Umsetzungen besitzen, berechtigen uns zu der Annahme, dass die Rolle der kohlensauren Alkalien im Organismus eine hervorragende sein müsse, leider aber vermögen wir nicht, dieses anders wie durch allgemeine Erwägungen zu begründen. Hier kommt vor Allem die hervorragende Rolle in Betracht, welche kohlensaure Alkalien bei Oxydationsvorgängen überhaupt spielen. Es ist eine allgemeine Erfahrung, dass organische verbrennliche Moleküle sich an und für sich gegen Sauerstoff indifferent verhalten, während sie bei Gegenwart von freiem oder kohlensaurem Alkali sich mehr oder weniger rasch oxydiren (Gallussäure und Pyrogallussäure, Alkohol, organische Farbstoffe, Glycerin, Zucker, organische Säuren u. a. m.). Es ist daher nahe genug gelegt, eine Function der kohlensauren Alkalien des Blutes in der Vermittelung der thierischen Oxydation in den Geweben zu sehen. Ebenso sehen einige Physiologen eine Function der kohlensauren Alkalien des Blutes darin, die Verseifung der Fette und ihre weitere Oxydation zu veranlassen. Endlich erscheinen aller Wahrscheinlichkeit nach die neutralen kohlensauren Alkalien des Blutes als die Träger eines Theiles der Blutkohlensäure.

Schliesslich ist noch, wenn es sich um die physiologische Function des Natriumcarbonates handelt, der Einfluss in Rechnung zu ziehen, den seine Gegenwart im Blute auf die Diffusionsvorgänge ausüben muss; wenn wir gleich diesen Einfluss nicht genau zu präcisiren im Stande sind, und uns dabei nur auf die Thatsache berufen können, dass die Gegenwart gewisser Salzlösungen die Permeabilität thierischer Membranen wesentlich modificirt.

Ammoniumcarbonat.

$$CO_3(NH_4)_2 . CO_3(NH_4)H . 3(CO_3)(NH_4)_4H_2.$$

Literatur: Marchand: Journal f. prakt. Chem. XXXIII, 135. — Thompson: Philos. Magaz. Vol. XXX, 124. — Reuling: Ueber den Ammoniakgehalt der exspirirten Luft. Giessen 1854. — L. Thiry: Zeitschr. f. rat. Med. Bd. XVII, S. 166. — J. Davy: Edinb. new philos. journ. Vol. XIX, 1864. — Zabelin: Ann. der Chem. u. Pharm. Bd. CXXX, S. 54. — W. Kühne und Strauch: Centralbl. f. die med. Wissensch. 1864, S. 561. 577. — Grouven: Physiol. chem. Fütterungsversuche. 1864. — Lossen: Zeitschr. f. Biol. Bd. I, S. 207. — G. Bichlmayr: Zeitschr. f. Biol. 1865. — Brücke: Ammoniak im Blute. Sitzungsber. der Wiener Akad. 1868. Januar. — Lange: Ueber den Ammoniakgehalt der Exspirationsluft und über das Verhalten und den Nachweis von Ammoniak im Blute. Dissert. Dorpat 1874.

Vorkommen.

Vorkommen. Spuren von Ammoniak, welche man meist auf kohlensaures Ammonium bezieht, kommen, wie es scheint, ziemlich constant in der Exspirationsluft vor, und zwar von Menschen und Thieren (Thiry, Kühne und Strauch, J. Davy, Lossen); allein einerseits sind diese Spuren so gering (nach den Versuchen von Lossen beträgt das von einem Menschen innerhalb 24 Stunden durch die Respiration gelieferte Ammoniak 0·01 Grm.), dass sie aus fauligen, in der Mund- und Rachenhöhle stattfindenden Zersetzungen recht wohl abgeleitet werden könnten und anderseits scheint aus den Versuchen von Reuling hervorzugehen, dass ebenso viel Ammoniak ausgeathmet wird, als durch das Einathmen mit der atmosphärischen Luft in den Organismus gelangt. In 160 000 Cc. seiner Exspirationsluft fand Reuling ebenso viel Ammoniak, wie in dem gleichen Volumen atmosphärischer Luft.

Spuren von Ammoniak, durch das ausserordentlich empfindliche Nessler'sche Reagens (freies Kali haltende Jodkalium-Jodquecksilberlösung), sowie durch das noch empfindlichere Hämatoxylinpapier angezeigt, hat man wiederholt im Blute nachgewiesen (L. Thiry, Kühne und Strauch, Brücke, Lange). Für die Präexistenz des gefundenen Ammoniaks im Blute sind diese Versuche jedoch nicht beweiskräftig genug. Auch aus Speichel, aus frischem Hühnereiweiss und aus saurem Harne beobachtete Brücke bei gewöhnlicher Temperatur durch das Nessler'sche Reagens nachweisbare Ammoniakentwickelung. Die Erfahrungen, welche der genannte Physiologe über das Entweichen minimaler Ammoniakmengen aus Ammoniaksalzen, und aus alkalisch reagirenden Lösungen stickstoffhaltiger Substanzen (z. B. Harnstoff) machte, lassen es ihm selbst räthlich erscheinen, die Frage, ob das Blut etc. Spuren von Ammoniaksalzen enthalte, oder ob das aus demselben entweichende Ammoniak Zersetzungsproduct stickstoffhaltiger Substanz sei, vorläufig unentschieden zu lassen.

Wo man überhaupt im Organismus kohlensaures Ammonium mit Sicherheit gefunden hat, tritt es nur als Zersetzungsproduct oder unter abnormen Bildungsverhältnissen auf. So enthält das Blut bei schweren Krankheiten zuweilen Ammoniumcarbonat, so namentlich in der Cholera. Es unterliegt keinem Zweifel, dass es hier der Zersetzung des Harnstoffs seine Entstehung verdankt. Dasselbe gilt von den reiswasserartigen erbrochenen Massen in der Cholera, die meist Ammoniumcarbonat enthalten. Doch liegen bezüglich des Blutes urämisch gemachter Hunde negative Versuchsergebnisse vor (Kühne und Strauch). Auch im frischen Harn kommt Ammoniumcarbonat in erheblicherer Menge nur in Krankheiten vor, dann nämlich, wenn der Harn lange in der Blase zurückgehalten wird, und hier schon unter der Mitwirkung eines reichlicher abgesonderten Blasenschleims jene Zersetzung zu erleiden beginnt, die das Faulen des Harns ausserhalb des Organismus charakterisirt und

welche in der Spaltung des Harnstoffs unter Wasseraufnahme in Kohlensäure und Ammoniak besteht. Im Magensafte will man bei Krankheiten hier und da kohlensaures Ammonium beobachtet haben.

Nach dem Angeführten bedarf es keiner weiteren Erörterung, dass von einer physiologischen Bedeutung des Ammoniumcarbonates nicht die Rede sein kann.

Salpetrigsaures Ammonium.

Ammoniumnitrit (Salpetrigsaures Ammonium) — soll nach Schönbein im Speichel und Nasenschleim in Spuren enthalten sein, weil diese Secrete, mit verdünnter reiner Schwefelsäure angesäuert, Jodkaliumkleister bläuen und weil der Speichel, mit Kalihydrat behandelt, Ammoniak entwickelt. Auch im Harne will Schönbein Ammoniumnitrit nachgewiesen haben und zwar durch die Beobachtung, dass der Rückstand mit Kali versetzten Harns mit Schwefelsäure Jodkaliumstärke bläuende und Indigosolution entfärbende Dämpfe liefert. Zum vollgültigen Beweise sind diese Reactionen ungenügend und was den Speichel betrifft, von Meissner auch bereits anders gedeutet und auf Wasserstoffsuperoxyd bezogen (Schönbein: Journ. für prakt. Chem. Bd. LXXXVI, S. 151. — Meissner: Ber. über die Fortschr. der Anat. u. Physiol. im J. 1862. S. 253).

Calciumcarbonat: CO_3Ca.

Vorkommen.

Vorkommen. Bei den wirbellosen Thieren findet sich Calciumcarbonat sehr häufig als Bestandtheil und zwar bei den Infusorien beginnend bis hinauf zu den Cephalopoden. Es tritt bei den Wirbellosen in Gestalt von Ablagerungen in verschiedene Körpertheile auf und zwar vorzugsweise gerne im Bindegewebe. Diese Ablagerungen erfolgen entweder in die Substanz der thierischen Zellenmembran, oder erfüllen die Elementarorgane derart, dass sie nach Art der Pseudomorphosen des Mineralreichs die ursprüngliche Substanz gänzlich verdrängen, aber ihre Form beibehalten. Im Wesentlichen aus Calciumcarbonat bestehen oder solches enthalten: die Kalknadeln der Polypen, die kalkige Achse der Coralliden, der Panzer einiger Infusorien, die erdigen Ablagerungen in der äusseren lederartigen Haut der Echinodermen, die Kalkdeposita innerer Organe und das Skelett der Holothurien, die elliptischen Kalkkörperchen einiger Entozoën, die Muschelschalen, Schneckengehäuse und Kalknadeln bei Mollusken, die Kalkschalen bei Acephalen, Cephaloporen, und Cephalopoden, einige Crustaceenpanzer und endlich die Perlen, welche letztere fast nur aus Calciumcarbonat bestehen.

Bei den Wirbelthieren findet sich Calciumcarbonat normal: als Bestandtheil der Eischale der Vögel und beschuppten Amphibien, der Knochen und Zähne, des Harns der pflanzenfressenden Thiere, des Parotidenspeichels der Pferde, endlich im inneren Gehörorgan des Menschen die sogenannten Gehörsteine oder Otolithen bildend. — Bei niederen Wirbel-

thieren findet es sich häufig in Gestalt kalkiger Ablagerungen, so bei Fröschen auf den Hüllen des Gehirns und Rückenmarks, und auf der vorderen Seite der Wirbelsäule an der Austrittsstelle der Spinalnerven. Calciumcarbonat ist endlich ein Bestandtheil gewisser pathologischer Producte, vieler Concretionen, der Ossificationen, der verkreideten Tuberkel u. a. m.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Calciumcarbonat ist im Körper theils gelöst, theils ungelöst und abgelagert. Gelöst findet es sich zunächst im Harn und Speichel der Pflanzenfresser. Fragt man, wodurch es in diesen Flüssigkeiten gelöst erhalten wird, so hat man sich daran zu erinnern, dass Calciumcarbonat zwar in reinem Wasser unlöslich ist, sich aber in Wasser, welches Kohlensäure enthält, auflöst. Es ist daher mindestens wahrscheinlich, dass an seinem Gelöstsein freie Kohlensäure ihren Antheil hat. Doch wäre es wohl auch möglich, dass gewisse organische Substanzen in Lösung gleich dem Zucker die Fähigkeit besässen, es aufzulösen. Das im starren Zustande abgelagerte ist theils amorph, theils krystallisirt. Krystallisirt tritt es bei höheren Wirbelthieren, namentlich im häutigen Labyrinth, die Otolithen bildend auf, ausserdem im Parotidenspeichel des Hundes, im Harn der Pflanzenfresser sich als Sediment abscheidend, endlich in kalkigen Ablagerungen der Reptilien, Frösche, einiger Fische u. s. w. In pathologischen Concretionen des Menschen kommt es nur selten krystallisirt und dann gewöhnlich in unausgebildeten Formen vor. Die Krystallform ist rhomboedrisch. Mit Säuren brausen die Krystalle auf.

Gute Abbildungen vergl. bei Robin et Verdeil Pl. II. Fig. 2. (Otoconie), Pl. III. Fig. 2 (aus Pferdeharn), Pl. IV (aus Hunde-Parotidenspeichel). Ferner Funke Atlas, 2te Aufl. Taf. I. Fig. 1, 2 u. 3.

Abstammung.

Abstammung. Ein Theil des im Thierorganismus vorkommenden Calciumcarbonates stammt jedenfalls von Aussen und gelangt als Calciumbicarbonat mit dem Trinkwasser und als einfaches Carbonat zum Theil auch wohl mit vegetabilischen Speisen fertig gebildet in den Organismus. Dies gilt besonders vom Menschen. Allein bei den Pflanzenfressern wird jedenfalls ein grosser Theil des Calciumcarbonates, das wir im Harn derselben in so reichlicher Menge antreffen, erst im Organismus selbst erzeugt und zwar aus mit dem Futter in den Körper gelangenden Calciumsalzen organischer Säuren, die in selbem in Carbonat umgesetzt werden. Endlich kann auch die Möglichkeit nicht in Abrede gestellt werden, dass unter gewissen Umständen im Organismus durch Wechselzersetzung kohlensaurer Alkalien mit Calciumsalzen kohlensaures Calcium gebildet werden könne.

Austritt.

Austritt. Es ist wahrscheinlich, dass nur ein Theil des dem Organismus von Aussen zugeführten Calciumcarbonates denselben als solches

wieder verlässt. So scheint namentlich das vollkommene Fehlen desselben im Harn des Menschen darauf hinzudeuten, dass hier das mit den Nahrungsmitteln und Getränken in den Organismus gelangende, schon im Blute durch die phosphorsauren Alkalien in Calciumphosphat umgesetzt wird, wofür auch eine von Liebig angeführte Thatsache spricht. Wenn man nämlich einer Auflösung von Calciumcarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser, welche mit so viel Brunnenwasser verdünnt ist, dass kohlensaures Kalium oder Natrium darin keinen Niederschlag bewirkt, auch nur die kleinste Menge von Natriumphosphat zusetzt, so entsteht sogleich eine bleibende Trübung von Calciumphosphat. Dass bei den Pflanzenfressern die Ausscheidung des Calciumcarbonates vorzugsweise durch den Harn erfolgt, beweist der bedeutende Gehalt desselben an diesem Salze.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Ob Calciumcarbonat an irgend welchem vitalen Acte betheiligt ist, ist noch gänzlich unaufgeklärt. Es kann daher auch vorläufig von einer physiologischen Bedeutung desselben nicht die Rede sein. Es, wie es von einigen Physiologen geschieht, als Erhärtungsmaterial für wichtig zu halten, weil es ein Bestandtheil der Knochen ist, hiesse aussprechen, dass diese Wirkung von einem anderen Salze nicht eben so gut geleistet werden könnte, wofür gerade bei den Knochen alle Beweise fehlen; denn dass durch die Beimischung des kohlensauren Calciums zum phosphorsauren die Festigkeit des Knochens gesteigert werde ist nicht bewiesen. Bei den wirbellosen Thieren dagegen hat es als überwiegender Bestandtheil der Schalen der Mollusken etc. unzweifelhaft diese Bedeutung, was keines weiteren Beweises bedarf.

Magnesiumcarbonat: CO_3Mg.

Vorkommen.

Vorkommen. Dieses Salz begleitet das Calciumcarbonat mehr oder weniger constant in den kalkigen Ablagerungen der Wirbellosen und in jenen thierischen Concretionen, die vorwiegend aus kohlensauren Erden bestehen. Es ist ferner im Harne der Pflanzenfresser nachgewiesen; dagegen erscheint seine Gegenwart in den Knochen mindestens zweifelhaft. Auch in menschlichen Harnsteinen will man es einige Male gefunden haben, doch kommt es im Ganzen ziemlich spärlich vor. Da die Gräser und die Pflanzen überhaupt, welche den Pflanzenfressern zur Nahrung dienen, Magnesium fast nur an Phosphorsäure gebunden enthalten, während durch ihren Harn nicht unbeträchtliche Mengen von kohlensaurem Magnesium austreten, so scheint ein Theil des letzteren erst im Organismus gebildet zu werden. Es wäre möglich, dass das aus den Vegetabilien stammende pflanzensaure Calcium sich im Organismus mit Magnesiumphosphat in Calciumphosphat und pflanzensaures Magnesium

umsetzte, welches in Magnesiumcarbonat verwandelt durch den Harn austreten würde, eine von Lehmann ausgesprochene Ansicht, die durch die Armuth des Harns pflanzenfressender Thiere an phosphorsauren Erden eine Stütze erhält.

Im Uebrigen gilt Alles, was beim Calciumcarbonat angeführt wurde.

Phosphorsaure Alkalien.

Natrium- und Kaliumphosphate.

$$PO_4Na_3 . PO_4Na_2H . PO_4NaH_2$$

$$PO_4K_3 . PO_4K_2H . PO_4KH_2.$$

Literatur: Liebig: Chem. Briefe Bd. II, S. 891 ff. — Lehmann: Lehrb. der physiolog. Chemie. 2te Auflage Bd. I, S. 409, u. Bd. III, S. 197 u. f. f. — Fernet l. c. Heidenhain und Meyer l. c. — Schöffer l. c. — W. Preyer l. c. — Sertoli: Med. chem. Unters., Heft. 3. S. 351. — E. Bischoff: Zeitschr. f. Biol. III. 309.

Sämmtliche Verbindungen des Natriums mit Phosphorsäure sind in Wasser löslich. Die Verbindungen PO_4Na_3 und PO_4Na_2H reagiren alkalisch. Das saure Salz PO_4NaH_2 reagirt sauer.

Vorkommen.

Vorkommen. Phosphorsaure Alkalien scheinen ein Bestandtheil aller thierischen Flüssigkeiten und Gewebe ohne Ausnahme zu sein. Im Blute enthalten die Blutkörperchen vorzugsweise phosphorsaures Kalium, während im Serum die Natriumsalze überwiegen und die geringe Menge der darin überhaupt vorkommenden Phosphorsäure wohl an Natrium gebunden ist. Auch von dem Vorkommen des phosphorsauren Natriums gilt, was beim kohlensauren Natrium über die Schwierigkeit angeführt wurde, überall zu entscheiden, welches Alkali mit der Säure im Organismus verbunden ist. Das Vorkommen phosphorsaurer Alkalien ist mit Sicherheit constatirt und auch ohne erhebliche Schwierigkeiten zu constatiren, nicht so aber, ob in dem einen oder dem anderen Falle die Phosphorsäure in ihren löslichen Verbindungen nur an Kalium, oder nur an Natrium, oder an beide Metalle gebunden ist, da fast überall beide zusammen vorkommen. Die Analyse der Asche kann nur dann bestimmte Aufschlüsse geben, wenn das eine Metall vollständig oder doch nahezu fehlt; ist dies nicht der Fall, so bleiben für die Gruppirung der Säuren und Basen immer verschiedene Möglichkeiten, ganz abgesehen davon, dass aus weiter oben angeführten Gründen die Zusammensetzung der Asche niemals einen bindenden Beweis für die Verbindungsformen ihrer Bestandtheile im unzerstörten Organismus abgeben kann. Gelingt es, aus den thierischen Flüssigkeiten durch blosses Abdampfen die fraglichen Salze krystallisirt zu erhalten, dann ist es mindestens sehr wahrscheinlich, dass sie als solche ursprünglich schon vorhanden waren.

Aus einer Reihe von Analysen der Blutasche von Pflanzenfressern ergiebt sich, dass die Blutasche der Grassfresser ansehnlich ärmer an phosphorsauren Alkalien ist, wie jene der fleischfressenden Thiere. Noch reicher an phosphorsauren Salzen ist die Blutasche der körnerfressenden Thiere. So hat man in der Asche des Hühnerblutes 26·62 Proc. Phosphorsäure und 27·34 Proc. Alkalien gefunden. Dagegen ist die Blutasche der grassfressenden Thiere reicher an Kohlensäure. Die Omnivoren stehen in der Mitte. Es erscheint übrigens nicht gerechtfertigt, die in der Asche des Blutes gefundene Phosphorsäure, so wie es geschehen ist, ohne Weiteres auf phosphorsaure Alkalien zu berechnen, da nach den Versuchen von Sertoli der grösste Theil (?) der in der Asche des Blutserums von grassfressenden Thieren gefundenen Phosphorsäure von dem Lecithin: einem phosphorhaltigen organischen Bestandtheil des Blutes stammt. Insoferne man auch bei dem Blute von Fleischfressern diesen Einfluss des Lecithins nicht in Rechnung zog, erscheinen auch für dieses die berechneten Werthe zu hoch.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Die phosphorsauren Alkalien können im Organismus ihrer bedeutenden Löslichkeit halber nicht anders als gelöst vorkommen. Eine weitere Frage aber ist, in welchen Sättigungsformen sie vorkommen. Es sprechen viele Gründe dafür, dass es hauptsächlich die Verbindungen PO_4Na_2H, PO_4K_2H sowie PO_4NaH_2 und PO_4KH_2 sind, wobei jedoch die Möglichkeit des Vorkommens von PO_4K_3 oder PO_4Na_3 nicht ausgeschlossen ist. Pyro- und metaphosphorsaures Natrium findet man wohl in den Aschen, allein hier wird es durch die Einwirkung der Hitze auf die beiden obigen Verbindungen unzweifelhaft erst erzeugt. Jedenfalls sind die Salze PO_4Na_2H und PO_4K_2H die verbreitetsten. Im Allgemeinen sind die phosphorsauren Alkalien, wenn wir vom Blute absehen, hauptsächlich in sauer reagirenden Flüssigkeiten vorherrschend, so im Harne, im Muskelsafte, den parenchymatösen Flüssigkeiten einiger Drüsen.

Abstammung.

Abstammung. Die Kaliumsalze sind vorherrschend in den Blutzellen, dem Eidotter und im Fleische. Dihydrokaliumphosphat: PO_4KH_2 bedingt neben Milchsäure die saure Reaction des Muskelsaftes. Dass Kaliumphosphat in Wechselwirkung mit Chlornatrium im Organismus in Chlorkalium und Natriumphosphat umgesetzt werden könne, haben wir bereits weiter oben erwähnt. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die phosphorsauren Salze des Thierorganismus von der Nahrung stammen. Allein es ist eine andere Frage, ob die phosphorsauren Alkalien als solche dem Organismus zugeführt werden, oder ob dieselben erst durch Wechselzersetzung von Erdphosphaten und anderen Alkalisalzen entstehen. Obwohl letzteres nicht unwahrscheinlich ist, fehlt dafür doch jeder Beweis; dagegen lässt der grosse Reichthum der Flüssigkeiten des Fleisches und anderer Gewebe an Kaliumphosphat und Chlorkalium

während im Blute Chlornatrium und Natriumphosphat constant vorkommen, nicht bezweifeln, dass von dem Blute aus Kalium- und Natriumsalze nicht in jenem Verhältnisse, in welchem sie im letzteren enthalten sind, nach den Muskeln und anderen Geweben austreten. Berücksichtigt man überdies, dass in den Binnenländern die pflanzenfressenden Thiere mit ihrer Nahrung fast nur Kaliumsalze erhalten, so ist es klar, dass das für die Integrität ihres Blutes nöthige Natriumphosphat erst im Organismus selbst erzeugt werden müsse und dies könnte allerdings durch Umsetzung des Kaliumphosphates mit dem Chlornatrium der Nahrung in Natriumphosphat und Chlorkalium geschehen (vgl. S. 78).

Austritt.

Austritt aus dem Organismus. Die Ausscheidung der phosphorsauren Alkalien erfolgt vorzugsweise durch die Nieren und den Darm. Bei den fleischfressenden Thieren, deren Blut reich an phosphorsauren Alkalien ist, treten diese vorzugsweise durch den Harn aus. Nach den von E. Bischoff am Hunde angestellten Versuchen beträgt die Phosphorsäureausgabe im Koth gewöhlich nur $^1/_{13}$ der Gesammtausgabe und ist diese Säure in der Kothasche an Calcium, Magnesium und Eisen gebunden; im Harn der grösste Theil an Alkalien. Durch die Producte des Stoffumsatzes, welche Säuren sind: durch die Harnsäure, Hippursäure und Schwefelsäure, letztere stammend von dem Schwefel der Eiweisskörper und ihrer Derivate, wird dem phosphorsauren Alkali ein Theil seiner Basis entzogen, ein entsprechender Theil der damit verbundenen Phosphorsäure wird frei und das ursprünglich alkalisch reagirende Salz wird neutral, oder nimmt saure Reaction an. Hieraus erklärt sich das Vorkommen von Dihydronatriumphosphat: PO_4NaH_2, im Harne zur Genüge. Da aber eine durch Phosphorsäure saure Flüssigkeit die Eigenschaft besitzt, Calciumphosphat und Magnesiumphosphat aufzulösen, so enthält der durch Phosphorsäure saure Harn der Fleischfresser und Omnivoren stets phosphorsaure Erden, die auf diesem Wege ausgeschieden werden. Anders bei den Grassfressern; hier finden sich nur sehr wenig phosphorsaure Salze im Harn, obgleich sie in ihrer Nahrung stets phosphorsaure Salze in der Form von Alkalien und Erdsalzen zugeführt erhalten. Die organisch-sauren Salze der alkalischen Erden, welche sie verzehren, werden in ihrem Leibe zum Theil jedenfalls mit den phosphorsauren Alkalien in phosphorsaure Erdsalze und in kohlensaure Alkalien umgesetzt. Letztere werden durch den Harn ausgeschieden, ertheilen ihm die eigenthümliche Beschaffenheit, die den Harn der Pflanzenfresser charakterisirt und werden dadurch, dass sie ihre Basen ganz ähnlich dem Natriumphosphat mit der Hippursäure und Schwefelsäure theilen müssen, zu sauren kohlensauren Alkalien, die ein der Menge der freien Kohlensäure entsprechendes Lösungsvermögen für kohlensaure Erdsalze besitzen; wir finden daher die im Blute gebildeten kohlensauren Erden, insoferne sie nicht in phosphorsaure umgesetzt sind, im Harne der Pflan-

zenfresser wieder, wo sie durch die freie Kohlensäure gelöst sind, sich aber mit dem Entweichen der letzteren beim Stehen des Harns als Sedimente abscheiden. Die diesen Thieren durch die Nahrung zugeführte Phosphorsäure tritt grösstentheils in der Form von Calcium- und Magnesiumphosphat durch den Darm aus.

Physiologische Bedeutung. Die allgemeine Verbreitung der phosphorsauren Alkalien im Organismus und ihr vorwiegendes Vorkommen in den Hauptternährungsflüssigkeiten lässt von vornherein an einer hervorragenden physiologischen Bedeutung derselben nicht zweifeln. Die Verhältnisse ihres Vorkommens, ihrer Zustände, ihrer Umsetzungen u. s. w. geben uns in dieser Beziehung Andeutungen, aber wenig mehr.

Physiologische Bedeutung.

So ist es in hohem Grade bemerkenswerth, dass überall, wo in den Geweben freie Säure auftritt, saure phosphorsaure Alkalien vorkommen, die demnach an dieser sauren Reaction mindestens ihren Antheil haben. Dieses Vorkommen von sauren phosphorsauren Alkalien in den Geweben ist um so merkwürdiger, als letztere die phosphorsauren Salze doch nur durch das Blut erhalten können, im Blute aber basische oder neutrale phosphorsaure Salze vorkommen. Den Schlüssel zu diesem Räthsel giebt allerdings die Thatsache, dass in den Geweben organische Säuren erzeugt werden, die sich eines Theiles der Basen der neutralen oder basischen phosphorsauren Salze bemächtigen und sie dadurch in saure Salze verwandeln. Bedenkt man, dass alle gewebsbildenden Substanzen gewisse phosphorsaure Salze mit grosser Hartnäckigkeit zurückhalten, dass alle Ernährungsflüssigkeiten phosphorsaure Alkalien enthalten, ja dass dieselben selbst in Transsudaten, die organisationsfähig sind, niemals fehlen, so wird man daraus wohl schliessen dürfen, dass sie zur Gewebsbildung unentbehrlich sind und man wird auch die Beobachtung C. Schmidt's, nach welcher sich selbst bei der Bildung solcher Organe von Thieren, in welchen später kohlensaures Calcium bei Weitem vorwiegt, anfangs eine gewisse Menge von phosphorsauren Salzen ansammelt, in diesem Sinne deuten müssen. Zu demselben Schlusse drängt auch die Thatsache, dass das Fleisch und die Gewebe pflanzenfressender Säugethiere eben so reich an phosphorsauren Salzen gefunden werden, wie das Fleisch der Fleischfresser, während doch die Nahrung und das Blut der ersteren sehr arm, jene der Fleischfresser dagegen sehr reich daran ist. Es muss demnach der Uebertritt der Phosphate nach den Geweben durch eine besondere Anziehung erfolgen. Andererseits deutet die Anhäufung der phosphorsauren Salze in einzelnen Theilen, wie in den Muskeln, den Nerven, den Blutkörperchen, der Dotterflüssigkeit, auf eine besondere Beziehung zu jenen wichtigen Gebilden. Es ist in dieser Beziehung interessant, dass Nerven ihre Lebenseigenschaften in einer mehrprocentigen Lösung phosphorsaurer Alkalien lange

und vorzugsweise gut erhalten (Ludwig). In den Geweben kommen die phosphorsauren Alkalien als saure Salze vor, was schon daraus erhellt, dass man in der Asche derselben die phosphorsauren Salze meist als metaphosphorsaure findet. Die Gewebsbildung erfolgt demnach unter Mitwirkung einer freien Säure und scheint von der Gegenwart einer solchen und namentlich von der Gegenwart der Phosphorsäure abhängig zu sein, denn wir besitzen keine Anhaltspunkte dafür, dass in dem Bildungsprocesse der Gewebe die Phosphorsäure durch eine andere Säure ersetzt werden könne.

Anders aber verhält es sich mit dem Blute. Hier scheint nach Allem was wir darüber bereits angeführt haben, Bildung und Function an die Gegenwart eines vorwaltenden Alkalis geknüpft zu sein und dass es dabei auf die Natur der mit dem Alkali verbundenen Säure nur insoferne ankommt, als durch selbe das Vorwalten des Alkalis möglich gemacht wird, lehrt einfach die Thatsache, dass das Blut der Pflanzenfresser und Fleischfresser einerlei Beschaffenheit besitzt und seine Functionen in gleicher Weise von Statten gehen, trotzdem dass das Blut der Pflanzenfresser vorzugsweise kohlensaures und jenes der Fleischfresser phosphorsaures Alkali enthält. Wenn der Mensch sich von Vegetabilien nährt, so erhält sein Blut anstatt der phosphorsauren Alkalien hauptsächlich kohlensaure und sein Harn nimmt die Beschaffenheit des Harnes pflanzenfressender Thiere an. Allein die Functionen des Blutes, die Ernährung, der Gasaustausch in den Lungen erleiden dadurch durchaus keine Störung. Der Ausspruch Liebig's, wie so Vieles, was dieser geniale Forscher ausgesprochen, anfänglich lebhaft bestritten: dass im Blute phosphorsaure und kohlensaure Alkalien sich gegenseitig vertreten können und bei den Functionen des Blutes die Phosphate nicht als solche, sondern nur insoferne in Betracht kommen, als sie in ihren Eigenschaften als basische Salze mit den kohlensauren übereinstimmen, ist nicht nur allein nicht widerlegt, sondern hat in den neueren Versuchen über die Gase des Blutes und über das Verhalten der phosphorsauren Alkalien gegen Kohlensäure, auf welche wir bereits weiter oben Bezug nahmen, volle Bestätigung erhalten. Die chemische Anziehung, welche das Blut auf Kohlensäuregas ausübt, und durch welche der Gaswechsel vermittelt wird, ist wahrscheinlich abhängig von den phosphorsauren und den kohlensauren Alkalien, welche das Blut enthält, so wie Alles, was wir über die im Blute bei Gegenwart vorwaltenden Alkalis stattfindenden und durch selbes vermittelten Oxydationen S. 83 angeführt haben, sich auch auf die phosphorsauren Alkalien des Blutes beziehen lässt.

Calciumphosphat.

$2(PO_4)Ca_3$	$2(PO_4)CaH_4$
Tricalciumorthophosphat	Saures Calciumorthophosphat

Literatur: Boussingault: Ann. d. Chem. u. Pharm. LIX, 322. — Valentin: Repert. für Anat. u. Physiol. 1838. 306. — Prout: Philos. Transact. 1822. 365, u. Schweigg. Journ. Bd. XLVI, 287. — Chossat: Gaz. méd. de Paris 1842. 208. — H. Bence Jones: Chem. Soc. Quart. Journ. Vol. XV, pag. 8 bis 15. — Diakonow: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1867, S. 673. — Robin et Verdeil: Atl. de Chim. anat. Pl. II. Fig. 4. Pl. III. Fig. 1.

Vorkommen.

Vorkommen. Calciumphosphat findet sich in allen Geweben und Flüssigkeiten des thierischen Organismus ohne Ausnahme, wenngleich in einigen nur spurenweise. In grösserer Menge ist es vorzugsweise in den Knochen und Zähnen enthalten; Knochen und Zähne sind seine Hauptdepots; sie enthalten über $^2/_3$ ihres Gewichtes Calciumphosphat. Auch in Ossificationen, Incrustationen und Concretionen finden sich grössere Mengen. So besteht namentlich die Rinde fast aller grösseren Harnsteine aus Calciumphosphat, und bildet zuweilen in geschichteten Harnsäure- und Maulbeersteinen einzelne dieser Schichten oder auch wohl ihren Kern. Bei denjenigen Harnsteinen, welche sich um einen aus einem fremden Körper bestehenden Kern anlagern, ist Calciumphosphat gewöhnlich der Hauptbestandtheil. Wir wollen endlich bezüglich des Vorkommens des Calciumphosphats noch hervorheben, dass alle histiogenetischen organischen Stoffe: die Eiweisskörper und ihre Derivate, chemisch isolirt, d. h. von allen fremdartigen Stoffen nach Möglichkeit befreit, beim Verbrennen immer noch eine geringe Menge Asche hinterlassen, die vorzugsweise aus Calciumphosphat besteht. Eine Ausnahme hiervon macht, so viel bis jetzt bekannt ist, nur das elastische Gewebe.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Bei weitem der grösste Theil des Calciumphosphats ist im starren Zustande in den Knochen und Zähnen abgelagert und zwar, in der Form des Salzes $2(PO_4)Ca_3$. Auch in anderen Geweben, wie in den Haaren, den Nägeln, Klauen u. s. w., ist es in starrer Gestalt enthalten. Allein nicht nur alle Gewebe enthalten dieses Salz, sondern auch die thierischen Flüssigkeiten; in diesen aber kann es, insoferne die Flüssigkeiten keine festen Theile suspendirt halten, nur gelöst vorkommen. Da aber dieses Salz in Wasser vollkommen unlöslich ist, so fragt es sich, wodurch es in den thierischen Flüssigkeiten gelöst wird. Wenn wir uns daran erinnern, dass nach den meisten Beobachtern (bezüglich gegentheiliger Angaben vgl. w. u.) alle Albuminstoffe, somit die Hauptbestandtheile der Ernährungsflüssigkeiten, so rein wie immer

möglich dargestellt, immer noch etwas hauptsächlich aus Calciumphosphat bestehende Asche hinterlassen, so werden wir zur Annahme geführt, dass es in den thierischen Ernährungsflüssigkeiten an diese Albuminstoffe chemisch gebunden und in dieser Verbindung in Wasser löslich sein müsse. Ueberdies wissen wir, dass organische Säuren, wie Milchsäure, und gewisse Salze, so namentlich Kochsalz in wässeriger Lösung, endlich auch freie Kohlensäure etwas dieses Salzes aufzulösen vermögen. Phosphorsaure Alkalien und freie Kohlensäure finden sich aber im Blute, und in diesem sowie in allen thierischen Flüssigkeiten überdies auch eine nicht unbeträchtliche Menge Kochsalz. In manchen Geweben wie im Fleischsafte endlich sind saure phosphorsaure Alkalien, Milchsäure und andere organische Säuren enthalten.

Im Harne, in welchem sich bei Fleischfressern und Omnivoren ebenfalls Calciumphosphat vorfindet, ist es jedenfalls als saures Salz, $2(PO_4)Ca''H_4$, enthalten, welches an und für sich in Wasser löslich ist. Da, wo der Harn, wie bei den Pflanzenfressern, keine freie Säure ausser Kohlensäure enthält, wohl aber kohlensaure Alkalien, enthält er auch nur wenig Calciumphosphat und selbes meist nur suspendirt und sedimentirend. Dass sich aus dem Harne zuweilen Sedimente von krystallinischem Calciumphosphat abscheiden und dass man auch im Eiter cariöser Knochen, sowie in gewissen Concretionen wie es scheint das neutrale Salz in Krystallen abgelagert gesehen haben will, sei hier erwähnt. Bemerkenswerth ist auch die von Bence Jones gemachte Beobachtung, dass im Menschenharne krystallisirtes saures Calciumphosphat sich ausscheidet, wenn man Chlorcalcium zum Harne setzt, oder auch wohl nur die Säure vorsichtig abstumpft. Auch durch passende Diät und Arzneien: Kalkwasser, Kaliumcarbonat u. s. w. kann bewirkt werden, dass sich dieses Salz in Krystallen ausscheidet.

Abstammung.

Abstammung. Es ist durch die thatsächlichen Verhältnisse bewiesen, dass der grösste Theil des im Thierkörper vorkommenden Calciumphosphats ihm durch die Nahrung zugeführt wird, gleichgültig, ob die Nahrung Fleischnahrung oder vegetabilische ist; so auffallend dies auf den ersten Blick in Berücksichtigung der grossen Menge des Calciumphosphats im Knochensysteme erscheint, so hat doch gerade für dieses Boussingault durch eine seiner werthvollen Untersuchungen gezeigt, dass bei zum Theil mit Kartoffeln gefütterten Schweinen in allen Fällen, wo das Calciumphosphat der Nahrung nicht hinreichte, um die Zunahme desselben in den Knochen bei der Entwickelung der Thiere zu erklären, das genossene Wasser immer so viel davon enthielt, dass noch ein Ueberschuss erübrigte, der sich in den Excrementen wiederfand. Es versteht sich von selbst, dass bei Fleischnahrung sich die Verhältnisse noch viel günstiger gestalten müssen, da das Fleisch so reich an phosphorsauren Salzen ist und eine nicht unbeträchtliche Menge Calciumphosphat enthält. In Bezug auf die Entwickelung gesäugter Thiere ist das Vorwiegen

des Calciumphosphats in der Asche der Milch bemerkenswerth. Immerhin aber ist es wahrscheinlich, dass ein wenn auch geringer Antheil des im Thierorganismus vorkommenden Calciumphosphats in selbem erst gebildet wird. Bereits S. 92 wurde erwähnt, dass die organisch-sauren Calciumsalze, welche die Pflanzenfresser verzehren, in ihrem Leibe in Calciumcarbonat umgesetzt, sich mit den phosphorsauren Alkalien der Nahrung in Calciumphosphat und kohlensaure Alkalien zerlegen können, sowie dass eine derartige wenigstens theilweise Zerlegung wahrscheinlich erscheint. Diese Wahrscheinlichkeit ergiebt sich auch aus den zahlreichen Versuchen Valentin's, die zeigten, dass neugebildete Knochen reicher an Calciumcarbonat sind, der erst allmählich in Calciumphosphat umgewandelt wird. Endlich lehrt dies die wichtige Thatsache, dass der Gehalt unbebrüteter Eier an Calciumphosphat ein viel geringerer ist, wie der des entwickelten Embryos. Da das im Dotter enthaltene phorphorreiche Lecithin sich nach Diakonow's Untersuchungen bald unter Abspaltung von Glycerinphosphorsäure und Phosphorsäure zersetzt, da ferner der Hühnerfötus in seinen Knochen immer mehr Calciumphosphat enthält, als sich davon im Ei findet, das Lecithin aber im Dotter von einer in Alkohol und Aether löslichen Calciumverbindung begleitet ist, so ist die Ansicht Diakonow's, dass das Calciumphosphat der Fötusknochen zum Theil vom Lecithin abstamme, der Beachtung werth. Diakonow meint aber überdies, dass auch die weitere Knochenentwickelung auf Kosten des Lecithins stattfinde, da er auch in der Zahnpulpe und in den Knochen von jungen Thieren Lecithin und die oben erwähnte Calciumverbindung nachwies.

Austritt aus dem Organismus. Da die Fäces die unlöslichen Aschenbestandtheile der Nahrung enthalten, so ist es klar, dass durch den Darm eine nicht geringe Menge von Calciumphosphat ausgeschieden wird, welches aber, insofern es von den Nahrungsresten stammt, kein assimilirter Bestandtheil des Organismus geworden war. Das in löslicher Form mit den Nahrungsmitteln in den Organismus gebrachte Calciumphosphat jedoch, oder das im Organismus löslich gewordene, wird bei Fleischfressern und Omnivoren jedenfalls zum grössten Theile durch die Nieren ausgeschieden. Sein Gelöstsein im Harn der Fleischfresser ist bedingt durch den Gehalt desselben an freier Säure. Bei den Pflanzenfressern dagegen finden wir nur geringe Mengen von Erdphosphaten im Harn; hier ist das Hauptausscheidungsorgan für diese Salze der Darm, wie bereits Seite 92 gezeigt wurde.

Austritt.

Physiologische Bedeutung. Die physiologische Bedeutung des Calciumphosphats in den Knochen ist klar; es bedingt hier durch seine Verbindung mit der leimgebenden Substanz den eigenthümlichen Consistenzgrad der Knochen. Dafür spricht, dass überall da, wo dem Organismus entweder nicht genug Calciumphosphat zugeführt wird, oder wo

Physiologische Bedeutung.

ein grösserer Verbrauch dieses Salzes stattfindet, Knochenerweichung eintreten kann. Daher die Knochenerweichung, welche man zuweilen in der Schwangerschaft, während des Zahnens der Kinder beobachtet; bei Schwangeren ist es der grosse Verbrauch für die Entwickelung des Fötus, der es bedingt, dass hier im Harn oft kaum Spuren von Calciumphosphat gefunden werden, und dass Knochenbrüche bei Solchen sehr schwer oder gar nicht heilen. Bei Kindern fällt aus demselben Grunde, wegen des grossen Verbrauchs an Calciumphosphat zur Entwickelung des Zahngewebes die Rhachitis häufig mit dem Zahnen zusammen. Das constante Vorkommen des Calciumphosphats in allen Geweben und die innige Verbindung desselben mit den eigentlich gewebsbildenden Materien, wie Albumin, leimgebender Substanz u. s. w., sowie auch seine Ablagerung in die Elementarorgane gewisser Gewebe unter gewissen pathologischen Verhältnissen giebt uns einen deutlichen Fingerzeig, dass dieses Salz eine bestimmte Rolle bei der Bildung und Entwickelung aller Gewebe spielen müsse. Worin aber diese Rolle besteht, ist uns noch gänzlich unbekannt.

Magnesiumphosphat.

$2(PO_4)Mg_3$. $2(PO_4)MgH_4$.

Literatur: v. Bibra: Chem. Untersuch. über die Knochen und Zähne. Schweinfurt 1844. — C. G. Lehmann: Zoochemie. Heidelb. 1858, S. 429 u. ff. — Schlossberger: Versuch einer vergl. Thierchemie. Leipzig u. Heidelberg 1856, S. 77 u. ff.

Vorkommen.

Vorkommen. Magnesiumphosphat findet sich ebenso wie Calciumphosphat in allen Geweben und Flüssigkeiten des Thierkörpers, gewöhnlich aber in weit geringerer Menge. Eine Ausnahme hiervon macht, so viel bis jetzt bekannt ist, das Fleisch und die Thymusdrüse, in welchen der Gehalt an Magnesiumphosphat jenen an Calciumphosphat weit übertrifft. Magnesiumphosphat folgt dem Calciumphosphat auch in die Concremente, die übrigens zuweilen vorherrschend oder ausschliesslich aus ersterem Salze bestehen, gewöhnlich aber ist Magnesium als Ammonium-Doppelsalz darin enthalten. Verhältnissmässig reich an Magnesiumphosphat hat v. Bibra die Zähne der Pachydermen gefunden und derselbe Chemiker fand auch die von Berzelius und Valentin hervorgehobene Thatsache bestätigt, dass die Knochen der pflanzenfressenden Thiere mehr Magnesiumphosphat enthalten, wie die der fleischfressenden.

Die Verbindung $2(PO_4)Mg''H_4$ findet sich meist als Sediment im Harn der pflanzenfressenden Thiere, namentlich wenn sie von Körnern leben und ist auch in einigen Concretionen beobachtet. Zuweilen tritt sie krystallisirt auf, so im Kaninchenharn und scheidet sich auch aus dem Harne noch gesäugter Kälber beim Abdampfen desselben gleichzeitig mit Allantoin in wohlausgebildeten Krystallen aus. (Gute Abbildungen finden

sich bei Robin et Verdeil: Atl. Pl. II, Fig. 1 (aus Kaninchenharn). Pl. X. Fig. 1 (Kaninchenharnsediment). Auch beim Menschen und bei Hausthieren hat man Krystalle von Magnesiumphosphat im Eiter, in der Flüssigkeit von pathologischen Cysten, in den hydropischen Flüssigkeiten der Pleura und des Peritoneums, an der Oberfläche cariöser und necrotischer Knochen und in einigen Concretionen aufgefunden.

Zustände.

Ueber Zustände im Organismus, Abstammung, Austritt und physiologische Bedeutung des Magnesiumphosphates liesse sich nur das beim Calciumphosphat Angeführte einfach wiederholen.

Magnesium-Ammoniumphosphat.

$$PO_4Mg''(NH_4) + 6H_2O.$$

Diese Verbindung, so wie sie zuweilen im Thierkörper vorkommt, tritt in wohlausgebildeten Krystallen auf, die in der Regel ziemlich gross und von ausgezeichneter Schönheit sind. Die am häufigsten vorkommenden Gestalten sind Combinationen des rhombischen verticalen Prismas der Grundform ∞ P mit dem makro- oder brachydiagonalen Flächenpaar und drei entsprechenden gleichnamigen horizontalen Prismen. Gute Abbildungen mikroskopischer Formen finden sich bei Funke: Atlas Taf. XVII, Fig. 5, und Robin et Verdeil: Atlas Pl. VII, Fig. 1 u. 2, Pl. VIII, Fig 1.

Die Krystalle lösen sich in allen Säuren, selbst Essigsäure sehr leicht auf, von Alkalien werden sie nicht angegriffen.

Vorkommen.

Vorkommen. Magnesium-Ammoniumphosphat ist kein Normalbestandtheil des Organismus, obgleich es sich unter bestimmten Bedingungen häufig genug darin findet. Vor Allem bildet es nicht selten Sedimente im alkalischen Harn und fast jeder Harn setzt solche ab, wenn er zu faulen beginnt. Ueberhaupt ist diese Verbindung constanter Begleiter aller thierischen Fäulnissvorgänge, und wird daher auch in den Excrementen bei fauliger Zersetzung derselben angetroffen. Besonders häufig finden sich diese Krystalle in den Excrementen Typhuskranker; auch in den exculcerirten Darmgeschwüren selbst und in typhös infiltrirten Mesenterialdrüsen hat man sie aufgefunden. Im Urin Schwangerer bildet sich nicht selten an der Oberfläche eine aus organischer Materie bestehende Haut, die zahlreiche Krystalle des Doppelsalzes einschliesst (Kyestëin). Im Pferdeharn findet man solche Krystalle besonders häufig. Endlich bildet diese Verbindung einen Bestandtheil zahlreicher thierischer Concretionen. So bestehen die Darmsteine bei Pflanzenfressern vorzugsweise daraus. Auch in Blasensteinen, häufiger aber noch in den Nierensteinen des Menschen und der Säugethiere kommt diese Verbindung vor, gewöhnlich von Calciumphosphat begleitet; zuweilen aber mit Harnsäure, harnsauren Salzen und Calciumoxalat abwechselnde Schichten bildend.

Dieses Salz entsteht erst im Organismus, wenn sich in selbem aus irgend welcher Ursache Ammoniak entwickelt, welches sich sofort mit dem überall vorkommenden Magnesiumphosphat zu diesem Doppelsalze vereinigt. Zuweilen entsteht es aber erst ausserhalb des Organismus, so beim Alkalischwerden des schon längere Zeit gelassenen Harns. Indem nämlich der Harnstoff in Kohlensäure und Ammoniak zerfällt, nimmt beim Stehen der sauer gelassene Harn allmählich alkalische Reaction an und ein Theil des Ammoniaks fällt mit dem Magnesiumphosphat verbunden nieder. Hieraus erklärt sich das constante Vorkommen dieser Krystalle bei der Fäulniss thierischer Stoffe, wobei Ammoniak erzeugt wird.

Pathologische Bedeutung.

Von einer physiologischen Bedeutung dieser Verbindung kann nach dem Erwähnten nicht die Rede sein, eher von einer pathologischen; allein auch diese ist im Allgemeinen gering. Alkalische Reaction des frisch gelassenen Harns und wirkliche Sedimente dieser Verbindung, die mit freiem Auge betrachtet oft ganz wie Eiter aussehen, deuten auf Leiden der Blase oder des Rückenmarks. Es ist ferner von ärztlicher Wichtigkeit, dass das Trinken stark alkalischer Mineralquellen, wie z. B. des Vichy-Wassers, nicht selten derartige Harnsedimente hervorruft. Donné erzählt einen Fall, wo der unzeitige 14tägige Gebrauch der Badecur zu Vichy die Bildung eines hauptsächlich aus Ammonium-Magnesiumphosphat bestehenden Blasensteins veranlasste.

Ammonium-Natriumhydrophosphat:

$$PO_4Na(NH_4)H + 4H_2O.$$

Vorkommen.

Auch diese Verbindung ist kein Normalbestandtheil des Thierorganismus, und wir erwähnen sie nur deshalb, weil sie sich zuweilen beim Abdampfen des gefaulten Harns, oder wenn der Harnstoff sich überhaupt zu zersetzen beginnt, ausscheidet.

Der Habitus der Krystalle ist säulenförmig mit schwach geneigter Endfläche und geringer Abstumpfung der spitzeren Kanten des Prismas ∞ P der Grundform, sowie der Combinationskanten dieses letzteren mit der schiefen Endfläche. In Wasser und Säuren sind die Krystalle leicht löslich, und verwandeln sich beim Erhitzen in metaphosphorsaures Natrium.

Schwefelsaure Alkalien: SO_4K_2 und SO_4Na_2.

Literatur: C. G. Lehmann, Lehrb. d. physiolog. Chemie. Leipzig 1850. 2. Aufl. S. 410. — Robin et Verdeil: Traité de Chim. anat. et physiolog. T. II. p. 272. 278.

Vorkommen.

Vorkommen. Geringe Mengen von schwefelsauren Alkalien scheinen sich in den meisten thierischen Flüssigkeiten und Geweben zu finden. Eine Ausnahme machen Milch, Galle und Magensaft, wo sie gänzlich fehlen, doch folgt daraus, dass schwefelsaure Alkalien in der Asche gefunden werden, noch keineswegs, dass sie in der unzerstörten Substanz auch bereits enthalten waren, denn alle schwefelhaltigen organischen Stoffe geben bei der Einäscherung Schwefelsäure, die in kohlensauren und anderen Alkalisalzen die Basen findet, mit denen sie sich vereinigen kann. Demungeachtet sprechen aber Wahrscheinlichkeitsgründe dafür, dass geringe Mengen von Kaliumsulfat und Natriumsulfat im Blute und anderen Flüssigkeiten pröformirt enthalten sind. Mit Bestimmtheit ist die Gegenwart löslicher schwefelsaurer Salze im Harn dargethan, in welchem sie ohne vorgängige Zerstörung der organischen Substanz durch die gewöhnlichen Reagentien nachgewiesen werden können. Es ist ferner bemerkenswerth, dass nach den Versuchen von Bibra die Knochen der Fische und Reptilien nicht unbedeutende Mengen von schwefelsauren Alkalien enthalten. Wir haben keine Gründe dafür, uns die schwefelsauren Alkalien im Organismus anders als einfach gelöst zu denken.

Abstammung.

Abstammung. Es kann als vollkommen bewiesen angesehen werden, dass die schwefelsauren Alkalien, die wir im Organismus und namentlich in seinen Excreten finden, nur zum Theil von Aussen stammen. Wir haben gewichtige Gründe für die Annahme, dass ein Theil der schwefelsauren Alkalien im Organismus selbst erst erzeugt werde und zwar durch Oxydation des Schwefels der schwefelhaltigen organischen Körperbestandtheile zu Schwefelsäure, die an Alkalien gebunden den Körper verlässt. Demnach erscheinen die schwefelsauren Alkalien wenigstens zum Theil als Producte der regressiven Stoffmetamorphose.

Austritt.

Austritt. Die schwefelsauren Alkalien werden hauptsächlich durch den Harn aus dem Körper ausgeschieden. Bei Gesunden bewegt sich die Menge der an Alkalien gebundenen Schwefelsäure, welche täglich und durchschnittlich durch den Harn entleert wird, zwischen 1·50 bis 2·50 Grm. Dass nun aber diese Schwefelsäure nicht ausschliesslich von den mit der Nahrung eingeführten schwefelsauren Salzen stammt, wird dadurch bewiesen, dass die Schwefelsäure im Harn nicht allein durch die Einführung von Schwefelsäure und schwefelsauren Salzen eine Zunahme erfährt, sondern auch durch die Einführung von Schwefelverbindungen, deren Schwefel im Körper zu Schwefelsäure oxydirt werden kann; durch den innerlichen Gebrauch von Schwefel selbst, von Schwefelantimon u. dgl. m. Von ganz besonderer Bedeutung für die Frage nach der Abstammung der schwefelsauren Salze im Harn ist die von den zuverlässigsten Beobachtern wiederholt constatirte Thatsache, dass die Schwefelsäureausscheidung durch den reichlichen Genuss von Fleisch ganz ent-

schieden vermehrt wird, während sie bei vorwaltend vegetabilischer Nahrung sinkt. Wenn man berücksichtigt, dass mit dem Fleische eine bedeutende Menge von schwefelhaltigen Albuminstoffen in den Organismus gelangt, so wird man für diese Thatsache kaum eine andere Deutung finden wie die, dass der mit den Albuminstoffen des Fleisches verbundene Schwefel im Blute allmählich zu Schwefelsäure oxydirt und als solche an Alkalien gebunden mit dem Harn ausgeschieden werde. Dass diese Ausscheidung die saure Reaction des Harns der Fleischfresser zum Theil bedingt, indem die im Organismus gebildete Schwefelsäure sich in die vorhandenen Basen der anderen Harnsalze theilt und dadurch saure Salze entstehen, wurde bereits S. 92 erwähnt. Die obige Deutung der Schwefelsäurevermehrung im Harne nach Fleischgenuss wird endlich auch dadurch gestützt, dass dieselbe mit einer Vermehrung des Harnstoffs Hand in Hand geht.

Endlich ist es noch von Interesse, dass ein Theil der schwefelsauren Alkalien, die in den Darm gelangen, hier zu Schwefelmetallen reducirt werden kann. Dies wird namentlich ausser directen Versuchen durch die bekannte Thatsache bewiesen, dass die schwarz bis schwarzgrün gefärbten Stuhlgänge von Personen, welche Mineralwasser trinken, die neben Ferrocarbonat (kohlensaurem Eisenoxydul) schwefelsaure Alkalien enthalten, ihre Färbung ihrem Gehalt an einfach Schwefeleisen verdanken.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Aus dem Angeführten ergiebt sich, dass die schwefelsauren Alkalien wenigstens zum Theil nur die Bedeutung von Auswürflingen haben.

Unterschwefligsaure Alkalien: $S_2O_3K_2$ und $S_2O_3Na_2$.

Literatur: Schmiedeberg: Arch. d. Heilkunde VIII, 422. — Sertoli: Sull' esistenza di un corpo speciale solforato nell' orina, Gaz. med. ital.-lomb., 1869. — Löbisch: Ber. d. Wien. Akad. LXIII (2) 1871. — G. Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. 3te R. Bd. XXXI, 323. — Senff: Ueber den Diabetes nach Kohlenoxydathm. 1869. 14. — Salkowski: Arch. f. path. Anat. LVIII, 503. — Gscheidlen: Arch. f. Physiol. XIV, 401. — Strümpell: Arch. der Heilk. Bd. XVII, 1876.

Vorkommen.

Vorkommen: Unterschweflige Säure soll an Basen gebunden nach den Untersuchungen von Schmiedeberg im Harne von Katzen und Hunden vorkommen; im Harne der ersteren Thiere wie es scheint constant, in jenem der Hunde nach Fleischfütterung mindestens häufig (Meissner, Senff, Salkowski). Auf Zusatz von starken Säuren scheidet sich aus derartigem Harne bei gewöhnlicher Temperatur allmählich, rasch beim Erhitzen Schwefel aus, ohne Entwickelung von Schwefelwasserstoff. Beim Zersetzen des Harns mit Phosphorsäure oder Schwefelsäure konnte

Schmiedeberg die Entwickelung schwefliger Säure wahrnehmen. Aus dem Harne wurde das Bleisalz der unterschwefligen Säure dargestellt und dieses in das Ammonium- und in das Baryumsalz verwandelt. Im Harne eines Typhuskranken fand Strümpell ebenfalls einen schwefelhaltigen Körper, den er nach seinen Reactionen als unterschweflige Säure anzusprechen sich veranlasst sieht. Ob es sich aber hier wie in anderen Fällen nicht um jenen organischen schwefelhaltigen Bestandtheil des Harns gehandelt hatte, dem Sertoli, Löbisch u. A. im Harn begegneten, und der seither mit ziemlicher Sicherheit als Sulfocyansäure erkannt ist, steht dahin.

Calciumsulfat: $SO_4 Ca''$.

Literatur: Robin et Verdeil: Traité de Chim. anat. et physiol. T. II. p. 279. — A. Hilger: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VI. S. 166.

Vorkommen.

Vorkommen. Es erscheint zweifelhaft, ob der Gyps unter normalen Bedingungen in höheren thierischen Organismen vorkommt. Man will ihn im Blute, im pancreatischen Safte, in den Excrementen und in rhachitischen Knochen gefunden haben, allein diese Angaben sind mit Vorsicht aufzunehmen, da es wahrscheinlich ist, dass da, wo hier Calciumsulfat gefunden wurde, es sich erst durch mannigfache Zersetzungsvorgänge gebildet hatte. Auch als Bestandtheil gewisser Gallensteine wurde es angegeben.

Dagegen scheint es bei niederen Thierclassen ziemlich häufig vorzukommen. So fand es Hilger als Bestandtheil der Holothurienhaut, im Tunicatenmantel bei *Phallusien*, *Salpen* etc. Auch in den Knorpeln des Skeletts der Squalen wurde es aufgefunden.

d. Säuren.

Von freien anorganischen Säuren kommen nur zwei als Bestandtheile thierischer Organismen in Betracht und auch diese nur in sehr untergeordneter Weise, nämlich Salzsäure und Schwefelsäure.

Chlorwasserstoffsäure: HCl.

Literatur: Bödeker und Troschel: Ber. d. Ak. d. Wissensch. z. Berlin. 1854. S. 468. — Lehmann: Zoochemie. S. 36 u. 29. — C. Schmidt: Die Verdauungssäfte u. s. w. S. 46. — Elsässer: Die Magenerweichung der Säuglinge. 1846. — de Luca und Panceri: Ann. des scienc. nat. V. Ser. T. VIII, p. 82. — Ch. Richet: Compt. rend. LXXXIV, Nro. 10.

Vorkommen.

Vorkommen. Die Gegenwart freier Salzsäure ist bis jetzt im Magensafte des Menschen und der Säugethiere mit Bestimmtheit dargethan. Ausserdem wurde sie von Bödeker und Troschel in dem Speicheldrüsensecret von *Dolium Galea* (einer Schneckenart Siciliens) neben freier Schwefelsäure aufgefunden. Dagegen konnten bei einer späteren Untersuchung de Luca und Panceri wohl Schwefelsäure, aber keine freie Salzsäure nachweisen. Im Magensafte mit Knochen gefütterter Hunde fand Lehmann 0·098 bis 0·132 Proc. freie Salzsäure, C. Schmidt im speichelfreien Magensafte von Hunden 0·3347 Proc., im speichelhaltigen 0·2337 Proc., im Magensafte des Schafes 0·1234, in jenem des Menschen 0·020 Proc. Die tägliche Secretion würde sich nach demselben Beobachter beim Menschen auf 3·392 Grammes belaufen, während Richet als mittleren Gehalt des menschlichen Magensaftes 0·17 Proc., als Maximum 0·32 Proc., als Minimum 0·05 Proc. angiebt. Im Speicheldrüsensecret von *Dolium Galea* fanden Bödeker und Troschel 0·4 Proc. freier Salzsäure.

Abstammung.

Abstammung. Es ist gewiss, dass die Salzsäure erst im Organismus erzeugt wird und es können sie wohl nur die im Organismus vorkommenden Chlormetalle liefern, namentlich Chlornatrium. Durch welche chemische Processe sie aber in Freiheit gesetzt wird, ist noch nicht völlig aufgeklärt (vergl. übrigens unter Magensaft).

Austritt.

Austritt. Die im Magensafte vorhandene freie Säure verlässt den Organismus keinesfalls als solche. Nimmt man, was am wahrscheinlichsten ist, an, dass die freie Salzsäure vom Chlornatrium stamme, so werden durch die Zerlegung dieses Salzes entsprechende Mengen von Natrium in Freiheit gesetzt, die mit dem alkalischen Pancreassecret und der alkalischen Galle in den Darm gelangen; tritt daher die Salzsäure mit dem Speisebrei in den Darm, so muss sie nothwendigerweise hier wieder neutralisirt werden.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der freien Salzsäure eine bestimmte physiologische Bedeutung in der Function des Magensaftes zukommt. Wir werden dieselbe unter „Magensaft" näher erörtern.

Schwefelsäure: SO_4H_2.

Literatur: Troschel: Ber. d. Akad. d. Wissensch. z. Berlin. 1854. Aug. S. 468. — de Luca und Panceri: Ann. des scienc. naturell. V. Sér. T. VIII, p. 82.

Vorkommen.

Vorkommen. Freie Schwefelsäure ist im Speicheldrüsensecrete und im Magen von *Dolium Galea* nachgewiesen. In 100 Thln. dieses

Secretes, welches das Thier, wenn gereizt, mit grosser Kraft auf die Entfernung einiger Schritte hervorspritzt, fand Bödeker 2·7 Thle. Schwefelsäure als Monohydrat berechnet, neben 0·4 freier Salzsäure, 1·4 schwefelsauren, 1·6 anderen Salzen und organischer Substanz, und 93·9 Wasser. Das Secret schmeckte demgemäss auch stark sauer, machte die Zähne stumpf, und brauste in Berührung mit Calciumcarbonat. Später fanden de Luca und Panceri in diesem Secrete sogar 3 bis 4 Proc. Schwefelsäure, aber keine freie Salzsäure. Die letztgenannten Beobachter wiesen ferner freie Schwefelsäure in den Speicheldrüsen anderer Gastropoden nach, namentlich in *Tritonium*-, *Cassis*-, *Murex*- und *Aplysia*-Arten.

So lange die Verhältnisse der Secretion bei diesen Thieren noch so wenig aufgeklärt sind, müssen wir uns mit der einfachen Mittheilung ein Genüge sein lassen und uns aller Schlussfolgerungen enthalten.

e. Anorganische Stoffe, deren Verbindungsformen im Organismus noch nicht mit Sicherheit festgestellt sind.

Silicium.

Literatur: Gorup-Besanez: Ann. d. Chem. u. Pharm. LXI, 37. u. LXVI, 321. — Henneberg: Ann. d. Chem. u. Pharm. LXI, 255. — Laër: Ann. d. Chem. u. Pharm. XLIV, 172. — Poleck: Pogg. Ann. LXXVI, 360. — Fleitmann: Pogg. Ann. LXXVI, 358. — Grimaldi: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. in Berlin 1872, S. 437. — Ladenburg: ebendaselbst S. 568.

Vorkommen. Spuren von Kieselerde hat man in der Asche des Blutes, der Galle, des Harns und der Eier gefunden; in grösserer Menge tritt sie aber in der Asche der Haare, der Vogelfedern und der Excremente auf; ferner bestehen die Panzer der niedrigsten Thierclassen: der Infusorien, vorwiegend aus Kieselerde; so namentlich bei den Baccillarien. Endlich hat man Kieselerde auch hier und da als Bestandtheil von Concretionen nachgewiesen. Dazu ist übrigens zu bemerken, dass die in den Excrementen vorkommende Kieselerde zum grossen Theil aus Sand besteht, der mit der Nahrung in den Körper gelangte.

Vorkommen.

Zustände im Organismus. Ueber die Form, in welcher Silicium in den Geweben und Flüssigkeiten des Thierkörpers vorkommt, ist mit Sicherheit nichts festgestellt; denn der Umstand, dass wir dieses Element in der Asche als Kieselerde wiederfinden, beweist eben so wenig für die Präexistenz dieser Verbindung, wie das Vorkommen von Kohlensäure in der Asche für die Präexistenz der Kohlensäure; beide können Verbrennungsproducte organischer Silicium- und Kohlenstoffverbindungen sein.

Zustände.

Seit uns Ladenburg mit jenen merkwürdigen siliciumhaltigen organischen Verbindungen bekannt gemacht hat (Siliconoylalkohol, Silicopropionsäure u. s. w.), in welchen der Kohlenstoff theilweise durch Silicium vertreten ist, liegt es nahe, das Silicium der Pflanzen- und Thieraschen auf siliciumhaltige organische Verbindungen zurückzuführen, und es wäre von höchstem Interesse für diese Frage, wenn sich die Beobachtung von Grimaldi bestätigen sollte, wonach grüne Pflanzentheile in Wasser gelöste Kieselerde bei Mitwirkung des Sonnenlichtes unter Sauerstoffentwickelung zersetzen. Wenn wir auch die Kieselerde in den Haaren und Vogelfedern als solche voraussetzen, so spricht doch die histiologische Structur dieser Gewebe entschieden gegen eine einfache mechanische Ein- und Ablagerung der Kieselerde, und für eine innige Verbindung derselben mit der organischen Grundlage dieser Gewebe; leider ist die Natur dieser Verbindungen noch völlig unbekannt.

Abstammung.

Abstammung. Es ist an und für sich klar, dass das Silicium des Thierorganismus von Aussen stammen muss und durch Nahrung und Getränke aufgenommen wird. Es ist auch möglich, dass die gefundene Kieselsäure zuweilen auf beigemengten Sand zurückzuführen ist. Wenn aber Hoppe-Seyler[1]) darauf hinweist, dass der reichliche Siliciumgehalt der Vogelfedern und Haare leicht von dem kieselerdehaltigen Staube stammen könnte, der aus solchen Organen sehr schwer zu entfernen sei, so möchte dagegen einzuwenden sein, erstens: dass ich auf die Reinigung der Federn stets die grösste Sorgfalt verwendete, und zweitens, dass dann der auffallende Einfluss der Art der Nahrung auf den Kieselerdegehalt der Vogelfedern unverständlich bliebe. Die Asche der Samen der Cerealien ist besonders reich an Kieselerde, und die Federn der Vögel, die sich von Körnern, Getreide u. s. w. nähren, sind die kieselerdereichsten.

Austritt.

Austritt. Ueber den Austritt des Siliciums aus dem Organismus fehlen entscheidende Untersuchungen. Es ist wahrscheinlich, dass der Kieselerdegehalt der Excremente von den nichtassimilirten Nahrungsresten herrührt. Dies bezieht sich natürlich nicht auf solche Thiere, deren Nierensecret mit dem Darminhalt gemeinschaftlich entleert wird.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Ob die geringen Mengen von Silicium, welche man bei höheren Thierclassen findet, eine physiologische Bedeutung beanspruchen können, ist zweifelhaft. Für die Gewebe der Haare und Vogelfedern scheint aber nach den vorliegenden Beobachtungen das Silicium allerdings histiogenetische Bedeutung zu besitzen.

---

[1]) Hoppe-Seyler: Physiol. Chem. S. 69.

Eisen.

Literatur: H. Nasse: Handwörterbuch der Phys. Bd. I. Artikel Blut, S. 108. — Liebig: Handwörterbuch der Chemie. Bd. 1. Artikel Blut, S. 885. 1. Aufl. — Mulder: Versuch einer allgem. physiol. Chemie. Bd. I, 348. — Braconnot: Journ. f. prakt. Chem. VII, 197. — Berzelius: Jahresbericht XVI, 380. — Pelouze: Compt. rend. T. LX, p. 880. — Gorup-Besanez: Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. CLVII, 287. — Young: Journ. of Anat. and Physiol. Vol. V, p. 158. — Preyer: Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. CXL, S. 187. — Derselbe: Die Blutkrystalle. Jena 1871, S. 117. — H. Nasse: Sitzungsber. der Ges. zur Beförderung der gesammten Naturwissensch. in Marburg 1873. Nr. 2. — A. Kunkel: Eisen- und Farbstoffausscheidung in der Galle. Arch. f. Physiol. Bd. XIV. 1876. S. 353.

Vorkommen.

Vorkommen. Vor Allem ist Eisen ein Bestandtheil des Blutes und zwar der Blutkörperchen. Daher rührt es, dass man bei Einäscherung des Blutes eine ganz rothbraun gefärbte Asche erhält. Das Vorkommen des Eisens im Blute beschränkt sich aber nur auf die Blutkörperchen und zwar auf das Hämoglobin, während das Blutserum eine eisenfreie Asche giebt. Da Eisen ein wesentlicher und auch seiner Menge nach nicht unbedeutender Blutbestandtheil ist, so kann es nicht Wunder nehmen, dass man geringe Mengen von Eisenoxyd in der Asche aller Gewebe findet, in denen Blutgefässe verlaufen. Ausserdem aber wurde es im Magensaft, in der Asche der Haare und Vogelfedern, im Weissen und im Dotter des Hühnereies, im Chylus, der Lymphe, der Galle, in Gallensteinen, im schwarzen Pigment des Auges, endlich auch in der Milch und im Harne nachgewiesen, häufig allerdings nur in geringen Spuren.

Die bedeutendste Menge von Eisen findet sich im Blute. Wenngleich die Hoffnung Menghini's, dass man aus dem Eisen des Blutes Nägel, Schwerter und andere Instrumente schmieden werde, sich ebensowenig erfüllte, wie die Absicht von Deyeux und Parmentier, aus dem Blute berühmter Männer eiserne Denkmünzen schlagen zu lassen, so zeigen doch nachstehende Zahlen, dass das Eisen im Blute eines erwachsenen Mannes ein nicht unerhebliches Gewicht repräsentirt.

Nach den Versuchen von H. Nasse, Denis, Pelouze und Richardson sind in 100 Theilen im Mittel enthalten an Eisen:

	Eisen
Mann	0·057
Frau	0·048
Hund	0·052
Gans	0·041
Schwein	0·055

	Eisen
Huhn	0·044
Ochse	0·051
Pferd	0·049
Hammel	0·047
Katze	0·043
Truthahn	0·034
Ziege	0·033
Frosch	0·042

Setzt man nach den Bestimmungen von Bischoff die Gesammtblutmenge gesunder Männer = 7·7 Proc. des Gesammtkörpergewichtes, so würde das Gewicht des im Gesammtblute eines 70 Kilo schweren Mannes enthaltenen Eisens 3·07 Grm. betragen. Der Eisengehalt der Blutasche verschiedener Thiere schwankt zwischen 3·89 Proc. (Huhn) und 12·74 Proc. (Hund).

Nächst dem Eisengehalte des Blutes verdient auch noch jener des Hühnereies eine besondere Erwähnung, weil sich aus der Vertheilung desselben im Albumen (Weissen des Eies) und Dotter ein sehr bemerkenswerther Gegensatz herausstellt. Während nämlich in 100 Thln. Dotterasche 1·45 Proc. Eisenoxyd gefunden wurden, betrug seine Menge in 100 Thln. Asche des Albumens nur 0·34 Proc. In der Asche der Galle fand Weidenbusch 0·23 Proc. Eisenoxyd.

Zustände.

Zustände im Organismus. Da sämmtliches Eisen des Blutes im Hämoglobin enthalten, letzteres demnach die einzige Eisenverbindung des Blutes ist, so verweisen wir, soferne es sich um die Zustände des Eisens im Blute handelt, auf das Hämoglobin.

Im Magensafte soll nach Braconnot und Berzelius das Eisen als Chlorür vorkommen. Allein auch diese Annahme ist nur darauf gegründet, dass Chlor und Eisen in wässeriger Lösung gefunden wurden; da aber der Magensaft auch Milchsäure und andere organische Säuren enthält, so könnte das Eisen ja auch an diese Säuren gebunden sein. Die von ihnen angestellten Versuche sprechen aber jedenfalls dafür, dass es mit den Reactionen des Oxyduls im Magensafte auftritt. In der Milz endlich soll das Eisen zum Theil als Bestandtheil eines eiweissartigen Körpers, zum Theil aber an Milchsäure, Essigsäure und Phosphorsäure gebunden vorkommen, aber auch diese Angabe ruht auf einer ebenso unsicheren Grundlage wie die übrigen. H. Nasse fand in der Milz des Menschen und vieler Thiere bei der mikroskopischen Untersuchung gelbliche körnige Massen von verschiedener Grösse, im Wesentlichen aus Eisenoxyd mit etwas Eisenphosphat und organischer Substanz bestehend. Bei sehr alten Pferden gab die trockene Milzpulpa an 5 Proc. Eisen. Auf die Bedeutung dieses Befundes kommen wir bei späterer Veranlassung zurück.

Abstammung.

Abstammung. Dass das Eisen des Organismus von Aussen stammt, bedarf ebensowenig eines besonderen Beweises, wie der Satz,

dass der Organismus in sich selbst Elemente nicht zu erzeugen vermag. Das Eisen gelangt durch Nahrung und Getränke in den Körper. Es ist der Nachweis geliefert, dass die flüssigen und festen Nahrungsmittel so viel Eisen enthalten, dass immer noch ein Theil desselben mit den Excrementen ausgeschieden wird.

Austritt.

Austritt aus dem Organismus. Auf welchem Wege und in welcher Form das Eisen den Organismus verlässt, ist keineswegs entschieden. Aus dem Umstande, dass die Farbstoffe der Galle stark eisenhaltig sind, zwischen Bilirubin und dem Blutfarbstoff ein genetischer Zusammenhang besteht, und mancherlei Gründe für die Bildung des Gallenfarbstoffes aus zerstörten Blutkörperchen sprechen, hat man den Schluss gezogen, dass die Ausscheidung des Eisens durch die Galle erfolge, von der wir später hören werden, dass sie zwar zum Theil vom Darme aus in das Blut resorbirt, zum Theil aber jedenfalls mit dem Darmcontentis ausgeschieden wird. In der That hat A. Kunkel nachgewiesen, dass mit den Farbstoffen der Galle Eisen ausgeschieden wird, allein nicht in solcher Menge, wie es der Fall sein müsste, wenn sämmtliches Eisen des Hämoglobins in der Galle wieder erschiene. Beim Zerfall des Hämoglobins scheint demnach ein eisenhaltiger Rest sich abzuhalten, der andere Schicksale hat.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Nach dem Gesagten bedarf es keiner weiteren Erläuterung, dass die physiologische Bedeutung des Eisens mit jener des Hämoglobins zusammenfällt. Auch ergiebt sich aus der Thatsache, dass Krankheiten, die wie die Chlorose sich durch ein blutkörperchenarmes Blut charakterisiren, durch Eisen geheilt werden, ganz unzweifelhaft eine histiogenetische Bedeutung dieses Metalls für die Formelemente des Blutes.

Mangan.

Vorkommen.

Vorkommen. Bekanntlich ist das Mangan ein steter Begleiter des Eisens in der anorganischen Natur; es kann daher nicht Wunder nehmen, dass Spuren dieses Metalls auch häufig im Thierorganismus neben Eisen gefunden werden; so namentlich im Blute (Millon, Cottereau, Burin de Buisson), in der Galle (Weidenbusch), in den Haaren (Vauquelin), in Gallenconcrementen und Harnsteinen (Bley, Wurzer, Bucholz).

Die Beziehungen des Mangans zum Thierorganismus sind vollkommen unbekannt und daher auch nicht zu entscheiden, ob seine Gegenwart für gewisse Lebensfunctionen wesentlich ist oder nicht.

Kupfer.

Vergl. die vollständige und sorgfältige Zusammenstellung der betr. Literatur bei W. Blasius: das Vorkommen des Kupfers im thierischen Organismus. Zeitschrift f. rat. Medicin. 3. R. XXVI, S. 240 — 268. — A. H. Church: Chem. News XIX, p. 265. Zeitschr. f. Chem. 1869, S. 445.

Vorkommen.

Vorkommen. Man hat im Blute, der Galle und der Leber des Menschen, in Hühnereiern, in der Milch, sowie auch in Gallensteinen zu wiederholten Malen geringe Mengen von Kupfer nachgewiesen; allein dieses Vorkommen scheint ein mehr zufälliges zu sein, und kann eine physiologische Bedeutung durchaus nicht beanspruchen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass beim Menschen diese Spuren Kupfer von der Nahrung, schlecht verzinnten kupfernen Kochgeschirren u. dergl. herrühren, und das Vorkommen derselben in Leber und Galle ist nur insoferne von Interesse, als es ein Beweis ist für die durch mehrfache andere Thatsachen ebenfalls gestützte Annahme, dass Metalle, die dem Organismus einverleibt werden, sich vorzugsweise in der Leber ansammeln und hier am längsten nachgewiesen werden können. Dies ist bei gerichtlich-chemischen Untersuchungen wohl im Auge zu behalten. Allein auch bei jungen Thieren, bei Anas Boschas und Milvus regalis hat man wägbare Spuren von Kupfer nachgewiesen (W. Wicke).

Dagegen ist es von höherem physiologischen Interesse, dass das Blut mehrerer niederer Thiere, so namentlich das von Cancer vulgaris, C. pagurus, Eledone, Acanthias, Sepion und Octopus, Helix pomatia, Unio pictorum und Limulus Cyclops, nach den Untersuchungen zuverlässiger Beobachter (v. Bibra und Harless, Schlossberger, H. Müller, E. Witting, Déchamp, Genth) Kupfer enthält. In der Asche des weisslich-blauen Blutes von Limulus Cyclops fand Genth 0·085 bis 0·297 Proc. Kupferoxyd. Dieses constante Vorkommen des Kupfers bei diesen Thieren spricht jedenfalls dafür, dass es als wesentlicher Bestandtheil zu betrachten ist; die Meinung aber, dass es bei ihnen das Eisen im Blute geradezu vertrete, welche von Einigen ausgesprochen wurde, wird dadurch widerlegt, dass neben dem Kupfer das Eisen im Blute dieser Thiere nie fehlt, und zuweilen sogar in vorwiegender Menge vorhanden ist.

Ausserdem ist hier noch eines rothen Pigmentes in den Flügelfedern von vier Species von Turaco (Pisamfresser) Erwähnung zu thun, welche nach den Angaben von A. H. Church 5·9 Proc. Kupfer als wesentlichen Bestandtheil enthalten sollen.

Auch Spuren von Blei hat man zuweilen im Blute, der Leber und anderen Organen des Menschen ganz unzweifelhaft nachgewiesen, allein das keineswegs constante Vorkommen dieses Metalls ist sicherlich ein

ebenso zufälliges, wie das des Kupfers im menschlichen Organismus und auf ähnliche Ursachen (bleihaltiges Wasser u. s. w.) zurückzuführen. Wir erwähnen daher die Thatsache auch nur ihres toxicologischen Interesse halber.

Zweite Gruppe.

Gewebsbildner. Histiogene Bestandtheile.

Eiweisskörper. Proteinstoffe.

Literatur: Hlasiwetz und Habermann: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. CLIX, 304, Bd. CLXIX, 150. — Ritthausen: Die Eiweisskörper der Getreidearten. Bonn 1871. — Ritthausen und Kreusler, Journal für prakt. Chem., N. F. Bd. III, 307, 314. — P. Schützenberger: Bullet. de la soc. chim. de Paris XXIII, 161, 193, 216, 242, 385, 433. XXIV, 2, 145. — Knop: Chem. Centralbl. 1875, 395. — Lubavin: Med.-chem. Untersuchungen IV, 463. — Eichwald jun., Beitr. zur Chemie der gewebebildenden Substanzen, I. Heft 1873. — Hoppe-Seyler: Handb. der physiol. u. pathol. Analyse, 4. Aufl. 1875. — Brücke: Vorlesungen über Physiologie, Wien, Bd. I, 1874. — Kühne: Lehrb. der physiol. Chemie. Leipzig 1868. — Derselbe: Untersuch. über das Protoplasma 1864. — Denis: Nouvelles études sur les substances albuminoides 1856. — J. Scherer: Verhandl. d. phys. med. Gesellschaft zu Würzburg. Bd. II, 214. — Derselbe: Würzburg. med. Zeitschr. Bd. VII, 1866. — Plósz: Med.-chem. Untersuch. IV, 517. — Obolensky: Archiv f. Physiol. IV, 364. — Panum: Arch. f. path. Anat. III, 251, 264. — Brücke: Sitzungsbericht d. Wiener Akad. d. Wissensch. LV, 2. Mai 1867. Archiv f. path. Anat. XL. — Denis: Compt. rend. 1861. I, 1239. — Alex. Schmidt: Chem. Centralbl. 1861. 403. — Derselbe: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1861. 545, 675. — Derselbe: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1861. 428, 533. — Derselbe: Arch. f. path. Anat. XXIX, 1. — Derselbe: Arch. f. Physiol. VI. (1872). 413. — Derselbe: ebenda Bd. IX, 353. — Derselbe: ebenda Bd. XI, 1, 291, 518. — Derselbe: Beitr. zur Anat. u. Physiol. Leipzig 1874. — Derselbe: Arch. f. Physiol. Bd. XIII. (1876). 103, 120, 445. — Derselbe: Die Lehre von den fermentativen Gerinnungserscheinungen etc. Dorpat 1876. — Soxhlet: Journ. f. prakt. Chem. N. F. VI. 1872. 1. — W. Heintz: ebenda IV, 374. — A. W. Zahn: Arch. f. Physiol. II, 590. III, 74. — Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. (3. R.) VII, 1. VIII, 280. — Gianuzzi: Arch. f. path. Anat. XXXIV, 443. — v. Vintschgau: Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. XXIV, 493. — Valenciennes u. Fremy: Compt. rend. XXXVIII, 469, 525, 570. — Radlkofer: Ueber Krystalle proteinartiger Körper. 1859. — Virchow: Compt. rend. XXXVII, 492, 860. — Carl Schmidt: Ann. d. Chem. und Pharm. CX, 250. — Kühne u. Rudneff: Arch. f. path. Anat. XXXII, 66. — Limpricht: Ann. d. Chem. und Pharm. CXXVII, 188. — O. Nasse: Arch. f. Physiol. VI. (1872). 589. — Derselbe: ebenda VII, 139. — Derselbe: Sitzungsber. d. Hall. naturf. Gesellsch. 8. Nov. 1873. — Derselbe: Arch. f. Physiol. VIII, 381. — Matthieu u. Urbain: Compt. rend. CXXVII, 706. — Aronstein: Arch. f. Physiol. VIII, 75. — Heynsius: ebenda II, 1. — Der-

Derselbe: ebenda IX, 514. XI, 624. XII, 795. — Pflüger: ebenda X, 252. — Hammarsten: Untersuch. über die Faserstoffgerinnung. Nova Acta reg. societ. Upsal. Ser. III, Bd. X, 1. — Derselbe: Arch. f. Physiol. XIV, 211. — Winogradoff: ebenda XI, 608. — Huizinga: ebenda XI, 392. — Grehant: Gaz. méd. de Paris 1874. 418. — Johnson: Journal of the chem. soc. (2 Ser.) XI, 734. — Soyka, Arch. f. Physiol. XII, 347. — Haas: ebenda XI, 375. — Derselbe: Prager med. Wochenschr. 1876. 34, 35, 36. — Huppert: Prager med. Wochenschr. 1876. 24. März. — Adamkiewicz: Farbenreactionen des Albumins. Arch. f. experim. Pathologie. III, 412. — Derselbe: Arch. f. Physiol. IX, 156. — Derselbe: Ber. der deutschen chem. Gesellsch. VIII, 161. — Th. Weyl: Beitr. zur Kenntniss thier. u. pflanzl. Eiweisskörper. Dissert. Strassburg. — O. Loew: Journ. f. pract. Chem. N. F. XVI, 60.

Allgemeines.

Unter dieser Bezeichnung begreift man eine Reihe im Thierkörper sehr verbreiteter colloïdaler organischer Stoffe, welche, so weit man sie kennt, als Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Schwefel enthalten, deren chemische Constitution aber noch unaufgeklärt ist. Sie finden sich theils in den lösenden Medien des thierischen Organismus als Bestandtheile der Ernährungsflüssigkeiten, theils in den verschiedensten Stadien der Quellung, festweich und organisirt als Bestandtheile der Gewebe. Mehr und mehr wird es fraglich, ob die nach den bisher üblichen Methoden isolirten einzelnen Glieder der Reihe mit den genuinen Eiweisskörpern noch identisch sind, oder ob sie nicht vielmehr dabei theils physikalische, theils chemische Veränderungen erlitten haben. In diesem Sinne sind die untenstehenden Angaben über das Verhalten der einzelnen Eiweissstoffe zu würdigen.

Eigenschaften.

Getrocknet erscheinen die Eiweissstoffe als gelbliche, völlig amorphe durchscheinende, dem arabischen Gummi sehr ähnliche, leicht zerreibliche, geschmack- und geruchlose Massen. Bereits bei + 120° bis 130° C. beginnen sie sich zu zersetzen, liefern bei der trocknen Destillation sehr übelriechende ammoniakalische Zersetzungsproducte und verbrennen an der Luft erhitzt unter Verbreitung des Geruches nach verbranntem Horn mit Hinterlassung einer vorzugsweise aus Calciumphosphat bestehenden Asche. Ihre Lösungen lenken den polarisirten Lichtstrahl nach links ab, opalesciren, diffundiren nicht durch Pergamentpapier und scheiden durch die verschiedensten Veranlassungen, wie Hitze, Einleiten von Kohlensäure, Zusatz geringer Mengen anorganischer und organischer Säuren, Vermischung mit Alkohol, Aether, concentrirten Lösungen von Alkalisalzen, Gummi- und Dextrinlösungen, Gerbsäure, Borsäure und Metallsalzen, ja schon beim Vermischen mit sehr viel Wasser grob- oder feinflockig amorphe Niederschläge ab, oder gestehen bei genügender Concentration auch wohl zu steifen Gallerten. Im Vacuum bei gewöhnlicher Temperatur, oder bei sehr gelinder Wärme (unter + 40 bis 50°) abgedampft, hinterlassen die Lösungen in Wasser theilweise oder ganz lösliche Rückstände, bei höherer Temperatur dagegen solche, die sich in Wasser nicht

mehr lösen und auch in den übrigen indifferenten Lösungsmitteln unlöslich sind. Die durch Einwirkung von Hitze, Kohlensäure, verdünnten Mineral- und organischen Säuren sich abscheidenden Gerinnsel sind im frisch gefällten Zustande weiss, flockig, klumpig, auch unter dem Mikroskope völlig amorph und halten Wasser, sowie Salzlösungen mit grosser Kraft zurück. Von concentrirter Essigsäure werden die Eiweisskörper gelöst und in dieser Lösung bewirken Ferro- und Ferridcyankalium, sowie Kaliumplatincyanür Niederschläge. Concentrirte Salzsäure löst sie beim Kochen zu einer violettrothen Flüssigkeit, concentrirte Salpetersäure färbt sie beim Erhitzen gelb (Xanthoproteïnsäure), Jod bewirkt ebenfalls, aber schon in der Kälte eine intensiv braungelbe Färbung (gutes Reagens unter dem Mikroskop), salpetersaures Quecksilberoxyd, welches salpetrige Säure enthält, bewirkt damit beim Erwärmen bis auf 60 bis 100° C. eine rothe Färbung (Millon's Reagens), mit molybdänsäurehaltiger Schwefelsäure färben sie sich schön dunkelblau (Fröhde), mit Zucker und Schwefelsäure unter dem Mikroskop behandelt purpurviolett (Schultze). In einem Ueberschusse von Eisessig gelöst, nehmen sie beim Hinzufügen von concentrirter Schwefelsäure eine violette Farbe und schwache Fluorescenz an und zeigen bei geeigneter Concentration im Spectrum einen jenem des Hydrobilirubins entsprechenden zwischen den Linien *b* und *F* liegenden Absorptionsstreifen (Adamkiewicz). Von kaustischen Alkalien werden sie sämmtlich zu gesättigt gelben Flüssigkeiten, jedoch unter Zersetzung gelöst; die Lösung enthält Schwefelmetall, und die durch Säuren aus diesen Lösungen gefällten Niederschläge sind nun schwefelärmer. Auf Zusatz von sehr verdünnter Kupfervitriollösung nehmen die alkalischen Lösungen eine blauviolette Färbung an.

Die Eiweissstoffe enthalten:

Kohlenstoff	52·7	bis	54·5	Proc.
Wasserstoff	6·9	„	7·3	„
Stickstoff	15·4	„	16·5	„
Sauerstoff	20·9	„	23·5	„
Schwefel	0·8	„	2·0	„

Zersetzungsproducte.

Im Allgemeinen sehr leicht zersetzbar, liefern die Eiweissstoffe bei der Behandlung mit chemischen Agentien eine grosse Anzahl von Zersetzungsproducten, zum Theil stickstofffrei, zum Theil stickstoffhaltig. Unter letzteren aber treten, und zwar nicht nur bei den thierischen, sondern auch bei den pflanzlichen Eiweissstoffen einige bei der Einwirkung gewisser Agentien so übereinstimmend auf, dass sie als nähere mit ihrer Structur in engerer Beziehung stehende Componenten angesehen werden müssen. Diese Zersetzungsproducte sind: Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure, Glutaminsäure und Ammoniak (Hlasiwetz und Habermann). Diese Körper bilden sich bei der Behandlung der Eiweisskörper mit Säuren und mit Alkalien. Beim Erhitzen derselben mit Aetzbaryt unter starkem Drucke treten ausserdem noch Butalanin, Amidovaleriansäure, Amido-

oenanthylsäure, Glutiniminsäure, $C_5H_7NO_3$, und wasserstoffärmere Amidosäuren (Leuceïn und Glucoproteïn) auf, welche man als Verbindungen von Asparaginsäure mit mehreren Molecülen Leucin betrachten könnte. Constant entwickelt sich endlich bei dieser Behandlung Ammoniak und Kohlensäure im Verhältnisse wie 2:1 (wie bei der Zersetzung des Harnstoffs), Oxalsäure und Schwefeldioxyd, welche letzteren natürlich dann an Baryum gebunden sind (P. Schützenberger). Die Bildung von Dextrin bei gleicher Behandlung scheint nicht ausreichend begründet. Dem Leucin, Tyrosin, dem Ammoniak, der Kohlensäure begegnet man aber auch bei der Fäulniss, denselben Amidosäuren und der Asparaginsäure bei gewissen Fermentwirkungen (Pankreasverdauung) und endlich treten sie, wobei die Asparaginsäure durch Asparagin ersetzt ist, in jener Periode der Entwickelung der Keimpflanzen in den Keimen auf, in welcher die Eiweisskörper der Reservestoffe der Samen aus diesen verschwinden. (Vergl. S. 29.)

Mit Braunstein und Schwefelsäure behandelt, liefern die Eiweissstoffe Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Capronsäure, Benzoësäure, die Aldehyde der Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure und Benzoësäure, Ammoniak und flüchtige organische Basen. Bei der Fäulniss und gewissen Gährungen tritt als Zersetzungsproduct auch Indol auf.

Salpetersäure bewirkt neben Oxalsäure und Kleesäure die Bildung von Xanthoproteïnsäure; Königswasser die Bildung von Fumarsäure, Oxalsäure und Chlorazol.

Beim Erhitzen mit Säuren und mit Wasser unter starkem Druck werden zunächst Peptone, dann Leucin und Tyrosin neben anderen Producten gebildet (Lubavin). Vergleiche übrigens bezüglich der Peptonbildung aus Eiweissstoffen unter Peptone.

Indem wir auf die Bedeutung dieser Zersetzungsproducte für die Constitution der Eiweisskörper weiter unten zurückkommen, versuchen wir in Nachstehendem eine gedrängte Charakteristik der einzelnen Eiweissstoffe, wie sie gegenwärtig angenommen werden, wobei wir aber jetzt schon hervorheben, dass diese Charakteristik der Natur der Sache nach eine sehr schwankende ist, die Eigenschaften der einzelnen Stoffe von verschiedenen Autoren abweichend angegeben werden, die Unterschiede endlich häufig sehr geringfügige sind und hauptsächlich in dem Verhalten der Stoffe gegen dieses oder jenes Lösungs- oder Fällungsmittel bestehen.

Charakteristik der einzelnen Eiweissstoffe.

Serumalbumin.

1) **Serumalbumin.** Der aus Blutserum, Chylus, Lymphe, Pericardialflüssigkeit, pathologischen serösen Transsudaten und Cystenflüssigkeiten nach zehnfacher Verdünnung mit Wasser weder durch Kohlensäure noch durch Essigsäure fällbare Eiweissstoff. Findet sich zur Zeit der Lactation auch in der Milch und pathologisch im Harne.

a. von Hoppe-Seyler.

a) Serumalbumin von Hoppe-Seyler. Wurde „ziemlich rein“ von dem genannten Chemiker nach folgender Methode dargestellt: Man setzt zu Blut-

serum oder Hydroceleflüssigkeit so lange tropfenweise sehr verdünnte Essigsäure unter Umrühren, bis ein flockiger Niederschlag enstanden ist, filtrirt dann, verdunstet im Vacuum, oder im Wasserbade bei nicht über + 40° C. in flachen Schalen auf ein kleines Volumen, nachdem man mit etwas Natriumcarbonat wieder nahezu neutralisirt hat, bringt die concentrirte Lösung auf einen Dialysator, setzt diesen in destillirtes Wasser und wechselt letzteres alle sechs Stunden. Wenn keine Salze mehr diffundiren, giesst man den Inhalt des Dialysators wieder in eine Schale und verdunstet im Vacuum oder bei + 40° zur Trockne. So dargestellt, enthält es stets geringe Mengen von Salzen, ist in Wasser klar löslich, die concentrirte Lösung ist klebrig, aber nicht fadenziehend, etwas opalescirend mit schwacher weisslicher Fluorescenz. Die wässerigen neutralen Lösungen zeigen die specifische Drehung von — 56° für gelbes Licht. Alkohol erzeugt in der Lösung eine Fällung, welche, wenn der Alkohol alsbald wieder abgegossen wird, sich bis auf eine Trübung wieder löst, aber um so schwerer löslich wird, je länger der Alkohol darauf einwirkte. Kohlensäure, Essigsäure, Weinsäure, Phosphorsäure fällen, wenn die Temperatur nicht zu hoch, die Säuren nicht zu concentrirt waren und die Einwirkung nicht zu lange gedauert hatte, Serumalbuminlösungen nicht. Im anderen Falle wird dagegen das Serumalbumin mehr oder weniger rasch in andere schwerer lösliche Albuminstoffe (Syntonin) verwandelt, indem die Flüssigkeit weissliche Opalescenz annimmt, und sich ihre specifische Drehung auf ungefähr — 71° erhöht. Grössere Mengen concentrirter Mineralsäuren bewirken sofortige Fällungen. Diese Niederschläge sollen constant zusammengesetzte Verbindungen des Albumins mit den Säuren sein[1]). Reine concentrirte Salzsäure im Ueberschusse giebt zuerst einen flockigen Niederschlag, der sich später zur klaren Flüssigkeit wieder löst. Die specifische Drehung dieser Lösung beträgt — 78·7°. Wasserzusatz bewirkt in derselben einen flockigen Niederschlag, der sich nach dem Abfiltriren und Auspressen wieder klar in Wasser löst. Aetzammoniak wirkt auf Serumalbuminlösungen nur allmählich verändernd ein, wobei das Circumpolarisationsvermögen abnimmt; der dabei entstehende Eiweissstoff ist durch Neutralisation fällbar. Kali- oder Natronlauge verwandeln das Serumalbumin in wässeriger Lösung unter bedeutender Steigerung der Circumpolarisation in Alkalialbuminat. Sehr concentrirte Lösungen endlich von Serumalbumin tropfenweise unter Umrühren mit concentrirter Kalilauge versetzt, erstarren zu einer völlig durchsichtigen Gallerte von Kaliumalbuminat. Beim Erhitzen auf 72 bis 73° wird das Serumalbumin in Flocken oder als compacte Masse coagulirt, nachdem über 60° bereits Trübung der Flüssigkeit sich einstellte. Die Coagulationstemperatur wird durch Zusatz von sehr verdünnter Essigsäure oder Phosphorsäure, durch Zusatz von Chlornatrium oder anderen neutralen Alkalisalzen erniedrigt, durch Zusatz von sehr wenig Natriumcarbonat dagegen erhöht. Durch die meisten Salze schwerer Metalle wird das Serumalbumin aus seinen Lösungen gefällt. Schütteln mit Aether bedingt dagegen keine Coagulation.

b. v. Eichwald.

b) Serumalbumin von Eichwald. Zehnfach mit Wasser verdünntes Blutserum, vorgängig von Paraglobulin und Serumcaseïn befreit, wird vorsichtig mit Essigsäure versetzt, bis es durch Ferrocyankalium vollständig fällbar geworden ist, hierauf mit seinem gleichen Volumen einer gesättigten Chlornatriumlösung vermischt und der nach einigen Stunden gebildete Bodensatz auf dem Filter gesammelt. Man wäscht ihn einige Zeit lang mit einer halbgesättigten Chlornatriumlösung, welche man mit etwas Essigsäure angesäuert hat, dann aber mit neutraler Chlornatriumlösung gut aus, lässt die Salzlösung mög-

[1]) Johnson, Journal of chem. Soc. (Ser. 2), XII, 734.

lichst vollständig abtropfen und presst zwischen Fliesspapier. Der so erhaltene Eiweissstoff enthält noch geringe Mengen von Essigsäure und Kochsalz und ist in Wasser löslich. Die Lösungen sind, wenn verdünnt, kaum opalisirend, reagiren schwach sauer und gerinnen nach der Neutralisation mit Natriumcarbonat in der Siedhitze vollständig. Werden sie nicht neutralisirt, so erfolgt beim Erhitzen ebenfalls Gerinnung, aber das Filtrat, nun mit Natriumcarbonat neutralisirt, liefert beim Aufkochen abermals ein Coagulum. Fügt man zur nichtneutralisirten Lösung halbgesättigte Chlornatriumlösung, so erfolgt beim Erhitzen die Coagulation vollständiger, fügt man aber noch ausserdem sehr wenig Essigsäure hinzu, so wird die Gesammtmasse des Albumins beim Kochen coagulirt. Versetzt man die Lösung des Serumalbumins mit überschüssiger Essigsäure und sodann mit noch mehr gesättigter Kochsalzlösung als nöthig ist, um sie in der Hitze gerinnbar zu machen (etwa das gleiche Volumen), so wird sie bereits in der Kälte gefällt. Tröpfelt man zu der ursprünglichen Lösung des Serumalbumins so lange verdünnte Natriumcarbonatlösung, bis eine abgegossene Probe bei vorsichtigem Erwärmen noch unter dem Siedepunkte gerinnt, so erhält man eine neutral reagirende Flüssigkeit: eine Lösung des Albumins in neutralen Alkalisalzen, welche beim Vermischen mit dem hundertfachen Volumen Wasser allmählich weisslich trübe wird und endlich ein Sediment liefert, welches alle Eigenschaften des Syntonins besitzt. Bei noch stärkerer Verdünnung fällt alles Albumin als Syntonin heraus. Versetzt man die neutralisirte in der Siedhitze vollkommen gerinnende Lösung des Albumins mit etwas verdünnter Natron- oder Kalilauge, so klärt sie sich und verliert theilweise ihre Fähigkeit, in der Hitze zu gerinnen. Gegen Metallsalze, Mineralsäuren etc. verhält sich dieses Serumalbumin wie das unter a) beschriebene. Aus diesem Verhalten würde folgen, dass reines Albumin in reinem Wasser unlöslich wäre und seine natürliche Lösung durch Alkalisalze bewirkt werde. Alles was die Verbindung des Albumins mit den Salzen, oder richtiger ihre gegenseitigen Affinitäten aufzuheben geeignet ist, bedingt Fällung des Albumins, wobei es allmählich in den „pectösen", geronnenen Zustand übergeht.

Eieralbumin.

2) **Eieralbumin.** Im Weissen der Vogeleier in ein Fächerwerk von feinen Membranen eingeschlossen. Hoppe-Seyler stellt es wie folgt dar: Man zerschneidet mit der Scheere Eiweiss in kleine Stücke, presst die zerschnittene Masse durch Leinwand, vermischt mit dem gleichen Volumen Wasser, filtrirt, concentrirt das Filtrat bei einer + 40° nicht übersteigenden Temperatur und unterwirft zur möglichsten Entfernung der Salze der Dialyse (vgl. Serumalbumin). Die Lösungen des so dargestellten Eieralbumins besitzen schwächeres Circumpolarisationsvermögen (specif. Drehung — 35,5°) wie Serumalbuminlösungen; Salzsäure in geringer Menge zugesetzt, bewirkt keinen Niederschlag, im Ueberschuss dagegen ein in concentrirter Salzsäure schwer lösliches Coagulum, auch in Wasser und neutralen Salzlösungen nur schwierig löslich; Aether bewirkt beim Schütteln mit Eieralbuminlösungen Fällung, während Serumalbuminlösungen dadurch nicht gefällt werden. Injicirt man Eieralbuminlösung in die Venen oder unter die Haut von Hunden und Kaninchen, so geht dieses Albumin alsbald unverändert in den Harn der Thiere über, Serumalbumin dagegen nicht. Cyangas wird von Eieralbuminlösungen absorbirt. Es bilden sich unter gleichzeitiger Bindung von Wasser Cyanadditionsproducte, welche bei der Einwirkung von Alkalien einen Theil des Cyans und des Wassers wieder verlieren, wobei stickstoffreiche eigenthümliche Körper entstehen (O. Loew).

Paraglobulin.

3) **Paraglobulin** von Kühne und Eichwald (Serumcaseïn von Panum, Paraglobin von Brücke, Fibrinoplastische Substanz von A. Schmidt, Serin von Denis). Ein im Blutplasma, der Pericardialflüssigkeit,

in der Hornhaut des Auges (A. Schmidt) und wohl auch in anderen thierischen Flüssigkeiten enthaltener aus gewässertem Blut-, Chylus-, Lymph- und Eiterserum Eiweissstoff; aus serösen Flüssigkeiten durch vorsichtige Neutralisation mit sehr verdünnten Säuren, oder Einleiten von Kohlensäure, theilweise auch schon durch blosses Verdünnen mit Wasser fällbar.

Aus zehnfach mit Wasser verdünntem Blutserum durch Einleiten eines starken Kohlensäurestromes und Auswaschen der ausfallenden Substanz mit destillirtem Wasser so lange, bis die abfliessende Flüssigkeit nicht mehr durch Essigsäure und Blutlaugensalz und durch Silberlösung getrübt wird, dargestellt, zeigt das Paraglobulin nachstehendes Verhalten (Eichwald jun.): Feinkörnige, allmählich compacter werdende weisse Masse, unlöslich in Wasser, auch in luft- und sauerstoffhaltigem (im Gegensatze zur Angabe von Kühne, der das Paraglobulin in luft- oder sauerstoffhaltigem Wasser etwas löslich fand), etwas löslich in kohlensäurehaltigem Wasser, löslich in verdünnten Alkalien, in Kalkwasser, in neutralen Alkalisalzen, in Natriumphosphat und in kohlensauren Alkalien, löslich endlich in verdünnten Mineralsäuren, jedoch nur innerhalb gewisser Concentrationsgrade. Behandelt man Paraglobulin mit einer zur völligen Fällung ungenügenden Menge von verdünnten Alkalien, so erhält man eine vollkommen neutrale Paraglobulinlösung; eine derartige Lösung wird durch Zusatz von Wasser nicht gefällt, bleibt auch beim Erhitzen unverändert, gerinnt aber nach Zusatz eines neutralen Alkalisalzes beim Kochen, jedoch niemals vollständig; die Lösung reagirt dann alkalisch und das entstandene Coagulum ist unlöslich in verdünnten Alkalien, in neutralen Alkalisalzen und in verdünnter Essigsäure, löslich dagegen in Essigsäure und Alkalien bei grösserer Concentration dieser Lösungsmittel. Neutrale Auflösungen des Paraglobulins werden ferner gefällt durch vorsichtigen Zusatz von Essigsäure, Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure; die durch Essigsäure, Salzsäure und Schwefelsäure erzeugten Niederschläge lösen sich im geringsten Ueberschusse der Säuren wieder auf, der Salpetersäureniederschlag dagegen nur unvollständig unter Gelbfärbung und Zersetzung. Sie werden weiterhin gefällt durch Gerbsäure, Silbersalpeter, Quecksilber-, Blei- und Kupfersalze. Der Niederschlag durch Kupfervitriol lösst sich im Ueberschuss des Fällungsmittels zu einer klaren blauen Flüssigkeit (Brücke). Wenn die Paraglobulinlösungen neutral und nicht zu sehr verdünnt sind, werden sie auch durch grössere Mengen von Alkohol gefällt; der Niederschlag ist nach längerer Berührung mit Alkohol in Wasser und Neutralsalzen unlöslich. Durch Kohlensäure werden neutral reagirende Paraglobulinlösungen ebenfalls gefällt, doch sind diese Fällungen nur vollständig, wenn die Lösung stark verdünnt war. Wenn man die Paraglobulinlösung mit dem gleichen Volumen gesättigter Kochsalzlösung vermischt, so findet Fällung durch Kohlensäure nicht mehr statt, bei geringerem Kochsalzgehalt ist sie unvollständig, vollständig aber erst, wenn der Kochsalzgehalt nicht mehr wie 0·05 Proc. beträgt. Schwach alkalische Lösungen verhalten sich gegen Kohlensäure ebenso; die in solchen Lösungen durch vorsichtige Neutralisation mit Säuren entstehenden Niederschläge sind in Neutralsalzen unlöslich. Durch grosse Mengen von Neutralsalzen sind endlich schwach alkalische Paraglobulinlösungen schon in der Kälte, jedoch unvollständig fällbar. Mit überschüssigem Alkali bereitete (alkalisch reagirende) Paraglobulinlösungen sind völlig klar, nicht opalescirend, bleiben beim Kochen unverändert, können aber durch Zusatz von Neutralsalzen in der Hitze gerinnbar gemacht werden, jedoch sind dazu grössere Mengen von Salzen nöthig, wie bei neutralen Lösungen; durch verdünnte Säuren werden sie weniger vollständig gefällt. Lösungen des Paraglobulins in neutralen Salzen zeigen gegen Säuren ein je nach ihrem Salzgehalte verschiedenes Verhalten.

Lösungen in halbgesättigter Chlornatriumlösung werden durch Zusatz von Essigsäure oder Mineralsäuren bis zur deutlich sauren Reaction vollständig gefällt; die Niederschläge sind in überschüssiger Säure unlöslich. Lösungen des Paraglobulins in kohlensauren Alkalien, sowie Lösungen in Natriumphosphat (PO_4Na_2H) verhalten sich wie solche in Neutralsalzen.

Nach diesen Reactionen mit dem löslichen Serumalbumin in den meisten Punkten übereinstimmend, unterscheidet sich das Paraglobulin nach Eichwald gleichwohl von diesem und zwar 1) dadurch, dass es aus seinen Lösungen in salzhaltigem Wasser durch Verdünnung mit Wasser viel leichter ausgeschieden wird, wie Serumalbumin, 2) dadurch, dass es im gefällten Zustande längere Zeit mit Wasser in Berührung, seine Löslichkeit in neutralen Alkalisalzen nicht verliert, und 3) weil es durch Einwirkung von verdünnter Salzsäure in Neutralsalzen bald unlöslich wird, auch dann, wenn gleichzeitig ein neutrales Alkalisalz vorhanden ist. Aus neutralisirtem Blutserum ist das Paraglobulin schon bei zehnfacher Verdünnung mit Wasser vollständig fällbar (Eichwald). Die von A. Schmidt angegebenen Unterschiede: wonach fibrinoplastische Substanz viel weniger Kochsalz zur Lösung bedarf wie Serumalbumin (1 grm. fibrinoplastische Substanz 0·13 grm. und 1 grm. Serumalbumin 1·97 grm. Kochsalz), sowie dass die gesättigte Lösung der fibrinoplastischen Substanz durch Wasserzusatz getrübt werde, jene des Serumalbumins aber nicht, stehen mit den von Eichwald angegebenen Eigenschaften nicht im Widerspruche. Ueber den Grund der Bezeichnung des Paraglobulins als „fibrinoplastische“ Substanz siehe unten.

Fibrinogen.

4) **Fibrinogen oder fibrinogene Substanz** nennt A. Schmidt einen in serösen Transsudaten, besonders in der Pericardial- und Hydroceleflüssigkeit, aber auch im Blutplasma vorkommenden Eiweissstoff, welcher jedoch in seinen Reactionen sowie in der Art seiner Gewinnung so vollständig mit dem Paraglobulin übereinstimmt, dass vom rein chemischen Gesichtspunkte eine Unterscheidung dieser beiden Stoffe kaum gerechtfertigt erscheint. Nach A. Schmidt bestände die Eigenthümlichkeit des Fibrinogens darin, dass seine Lösungen (Hydrocele-, Pericardial-, Pleura- und Peritonealtranssudate) mit Lösungen von Paraglobulin und Fibrinferment vermischt, Ausscheidung von Fibrin zur Folge hätten.

Serumcaseïn.

5) **Serumcasein** von Kühne und Eichwald. Unter dieser Bezeichnung verstehen Kühne und Eichwald einen aus zehnfach verdünntem Blutserum durch Essigsäure, nicht aber durch Kohlensäure fällbaren Eiweisskörper. Zehnfach verdünntes Blutserum, durch Ausfällen mit Kohlensäure und Abfiltriren von Paraglobulin befreit, mit so viel Essigsäure versetzt, dass bei einer Probe durch Kochen alles Albumin ausfällt, setzt beim Stehen in der Kälte einen grauweissen voluminösen Niederschlag ab: Serumcaseïn. Das Verhalten des so erhaltenen mit Wasser ausgewaschenen Eiweissstoffes ist nach Eichwald nachstehendes: Unlöslich in Wasser, erleidet das Serumcaseïn bei längerer Einwirkung desselben rascher wie Paraglobulin eine spontane Zersetzung, in Folge deren es sich dann in Wasser partiell löst; es ist unlöslich in Kochsalzlösungen von jeder Concentration, sofern es möglichst gereinigt und frei von Serum war, allmählich, jedoch schwieriger wie Paraglobulin löslich in 1procentiger verdünnter Natronlauge. Die Lösung in Natronlauge reagirt bei einem noch vorhandenen Ueberschusse von Serumcaseïn je nach Umständen neutral; derartige Lösungen werden durch Kohlensäure, jedoch nur zum Theil gefällt, nahezu oder ganz vollständig jedoch durch Zusatz von Essigsäure bis zu saurer Reaction. Alkalische Lösungen des Serumcaseïns können durch Salzzusatz in der Hitze gerinnbar gemacht werden, bei geringem Salzzusatz ist die Gerinnung partiell, beim Kochen mit überschüssigem gepulvertem Chlornatrium dagegen vollständig.

Träufelt man zu in Wasser aufgeschwemmtem Serumcaseïn eine 1procentige Auflösung von gewöhnlichem Natriumphosphat (PO_4Na_2H), so erfolgt Quellung und allmähliche unvollständige Lösung. Solche Lösungen sind, wenn sie mit möglichst wenig Phosphat dargestellt sind, durch Kohlensäure fällbar; reagiren sie dagegen deutlich alkalisch, so bleiben sie beim Durchleiten von Kohlensäure unverändert. Einen Ueberschuss des Phosphats entfernt man durch vorsichtigen Zusatz höchst verdünnter Essigsäure, bis sich flockige Trübung einstellt, und abermaligen Zusatz einer Spur von Phosphat, so dass die flockige Trübung wieder verschwindet. Eine derartige Lösung wird durch Kohlensäure wieder gefällt. Verdünnte Essigsäure (0·1 Proc.) löst Serumcaseïn allmählich und zuweilen unvollständig zu einer opalescirenden Lösung; diese wird durch Natriumcarbonat, sowie durch grosse Quantitäten von Neutralsalzen in der Kälte gefällt, bei geringerem Zusatze derselben bleibt sie klar, ist aber dann in der Siedhitze gerinnbar. Auch in verdünnter Salzsäure (0·1 Proc.) ist das Serumcaseïn nur unvollständig löslich.

Alkalialbuminate.

6) **Alkalialbuminate** (Proteïne von Hoppe-Seyler). Mässig concentrirte wässerige Alkalien erzeugen aus allen Eiweissstoffen als Albuminate oder Alkalialbuminate (Kalium-Natriumalbuminat) bezeichnete Körper, deren Lösungen in ihren Reactionen einestheils mit dem Serumcaseïn und anderentheils mit dem Milchcaseïn so grosse Uebereinstimmung zeigen, dass sie von Vielen damit völlig identificirt werden. Angesichts sich bis in die neueste Zeit wiederholender Widersprüche der Beobachter dürfte die Frage ihrer Identität vorläufig noch als eine offene zu betrachten sein. Zur Darstellung von Kaliumalbuminat verfährt man nach Lieberkühn wie folgt: Hühnereiweiss wird mit dem gleichen Volumen Wasser zusammengerührt, filtrirt, das Filtrat in flachen Schalen bei einer $+ 40^0$ nicht übersteigenden Temperatur bis auf die Hälfte seines Volumens verdunstet, und nach dem Erkalten tropfenweise so lange mit concentrirter Kalilauge versetzt, bis Alles zur festen durchsichtigen Gallerte erstarrt ist. Die Gallerte wird in bohnengrosse Stücke zerschnitten, in viel destillirtes Wasser eingetragen, nach kurzem Umrühren das Wasser abgegossen, neues Wasser zugegeben und mit dem Auswaschen mit Wasser so lange fortgefahren, bis dasselbe nicht mehr alkalisch reagirt; der Rückstand: das so gereinigte Kaliumalbuminat, wird unter gelindem Erwärmen in Wasser gelöst und filtrirt. Die auf diese Weise bereiteten schwach alkalischen Lösungen werden durch vorsichtigen Zusatz von verdünnter Essigsäure oder Salzsäure bis zur schwach sauren Reaction gefällt, ebenso durch Einleiten eines Stromes von Kohlensäure. Ist zu viel Alkali vorhanden, so findet durch Kohlensäure keine Fällung statt. Versetzt man die schwach alkalische Lösung mit einer genügenden Menge von gewöhnlichem Natriumphosphat, so findet durch verdünnte Säuren auch bei gleichzeitiger Einwirkung von Siedhitze ebenfalls keine Fällung mehr statt. Trägt man in die Lösung Magnesiumsulfat ein, so lange sich das Salz löst, so bildet sich ein flockiger Niederschlag, der in Wasser und Chlorcalciumlösungen leicht löslich ist. Möglichst neutrale Lösungen werden ferner durch Alkohol in der Kälte gefällt; in der Wärme löst sich der Niederschlag ganz oder theilweise wieder auf. Die Lösungen werden endlich durch die Salze schwerer Metalle und durch Chlorbaryum gefällt. Legt man festes, in Stücke zerschnittenes Kaliumalbuminat in so viel wässeriges, saures phosphorsaures Calcium, Phosphorsäure, Borsäure, Salzsäure oder Essigsäure, dass die Flüssigkeit sauer reagirt, so wird das Albuminat milchweiss, schrumpft ein und wird elastisch fest (Brücke's Pseudofibrin). Diese Masse quillt in Wasser, welches 0·1 Proc. Phosphorsäure, Essigsäure oder Salzsäure enthält, zur glashellen Gallerte auf ohne sich zu lösen, löst sich leicht in Kali-

lauge, schwillt auch in Ammoniak auf, wird durchsichtig und löst sich darin zu einer durch Neutralisation fällbaren Flüssigkeit (Brücke). Natriumalbuminat verhält sich dem Kalialbuminat in allen Stücken ähnlich. Die getrockneten Albuminate sind gelblich durchsichtig, hygroskopisch, in Wasser quellend, aber nicht löslich, auch in Essigsäure und verdünnter Kalilauge lösen sie sich langsam. Frisch gefällt, lösen sie sich leicht in Wasser, welches ein wenig Alkali oder kohlensaures Alkali enthält. In sehr verdünnter Salzsäure lösen sie sich viel leichter als in Essigsäure oder Milchsäure, sind aber unlöslich in Chlornatriumlösung. Ihre Lösungen zeigen stärkere Circumpolarisation als alle anderen Eiweissstoffe mit Ausnahme des Caseïns (Hoppe-Seyler).

Milchcaseïn.

7) **Milchcasein. Käsestoff.** Ein in der Milch aller Säugethiere enthaltener Eiweissstoff, daraus nach verschiedenen Methoden, die wir unter „Milch" beschreiben, zu isoliren. Auf die eine oder die andere Weise dargestellt, stimmt sein Verhalten mit jenem des Alkalialbuminats in den meisten Punkten so vollkommen überein, dass der Gedanke, beide Körper für identisch zu erklären, nahe genug liegt. Als unterscheidende Merkmale beider Eiweissstoffe wurden bisher nachstehende angenommen: 1) Das Verhalten zu Lab (dem vierten oder eigentlichen Kälbermagen); Milch wird dadurch bei + 40° coagulirt, indem das Caseïn in den unlöslichen Zustand übergeht, während Kaliumalbuminat sich gegen Lab indifferent verhalten sollte. Allein es wurde später nachgewiesen, dass künstliche Mischungen von Kaliumalbuminat, Milchzucker und etwas Fett sich gegen Lab genau so verhalten wie natürliche Milch (C. G. Lehmann, M. Schultze, Panum), was auch von Soxhlet bestätigt wurde. 2) Nach den Versuchen von A. W. Zahn sollten sich Alkalialbuminatlösungen unter Druck durch Thonzellen filtriren lassen, Caseïnlösungen aber nicht. Aber auch dieses Unterscheidungsmerkmal hat seine Bedeutung verloren, wenn die Beobachtungen von Soxhlet richtig sind, nach denen es dabei vorzugsweise auf die An- oder Abwesenheit von Fett ankommt. Alkalialbuminat mit etwas geschmolzener Butter emulsionirt, vermochte Soxhlet selbst durch sehr dünnwandige Zellen nicht zu filtriren, und Zahn hatte nicht Caseïnlösungen für sich, sondern eben Milch zum Versuche verwendet. Da nun auch andere für die Verschiedenheit vorgebrachte Gründe nicht als völlig beweiskräftig erscheinen, zum Theil auch widerlegt sind, so lag bisher kein zwingender Grund vor, Caseïn und Alkalialbuminat als zwei verschiedene Eiweissstoffe zu betrachten. Neuerdings aber hat O. Nasse angegeben, dass Caseïn und Alkalialbuminate auch darin unterschieden seien, dass ersteres weit reicher an locker gebundenem Stickstoff sei wie letztere.

Myosin.

8) **Myosin.** Dieser von W. Kühne entdeckte Eiweissstoff bildet einen Hauptbestandtheil des durch Todtenstarre geronnenen Muskelbündelinhalts, vor der Gerinnung im lebenden Muskel Bestandtheil des Muskelplasmas, d. h. des flüssigen Inhalts der Muskelröhren. Wurde von Kühne aus dem Muskelplasma der Froschmuskeln erhalten. Er liess die getödteten Thiere verbluten, spritzte durch die Aorta eine halbprocentige Kochsalzlösung so lange ein, bis die Flüssigkeit aus den Venen ungefärbt ablief, schnitt die Muskeln sorgfältig ab, spülte sie mit auf 0° abgekühlter Kochsalzlösung ab und liess sie bei — 7° C. gefrieren. Die festgefrorenen Muskeln wurden unter fortwährender starker Abkühlung in Scheiben zerschnitten, zerstampft und in Zimmerwärme ausgepresst. Das so gewonnene Muskelplasma: eine schwach gelblich opalisirende, nicht fadenziehende, deutlich alkalisch reagirende Flüssigkeit, in destillirtes Wasser eingetropft, schied das Myosin sofort in kugeligen Massen aus, während das flüssig Bleibende (Muskelserum) nun sauer reagirte. Rasch zum Ziele führt nachstehende Methode: Fleisch beliebiger Thiere, sehr fein zerhackt, wird mit

Wasser sorgfältig ausgelaugt, mit festem Kochsalz zu einem feinen Schlamm zerrieben und so weit verdünnt, dass der Gehalt der Flüssigkeit an Kochsalz gleich 10 Proc. ist. Man lässt den Brei etwa 24 Stunden stehen, presst dann durch Leinen, und fällt aus dem gelben syrupdicken Filtrat durch Wasser das Myosin. Seine Eigenschaften sind folgende: unlöslich in Wasser, leicht löslich in verdünnter Kochsalzlösung (nicht über 10procentig), aus diesen Lösungen aber durch Eintragen von festem Kochsalz gefällt, sowie durch Kochen der Lösungen bei + 55 bis 60° wie Serumalbumin coagulirend. Auch in sehr verdünnter Sodalösung löst sich das Myosin ohne Veränderung. Verdünnte Säuren und sehr verdünnter Alkalien lösen es ebenfalls. Die alkalischen Lösungen gehen sehr rasch in Lösungen von Alkalialbuminat über. Sehr verdünnte Salzsäure verwandelt es in Syntonin. Durch Alkohol wird es aus seinen Lösungen gefällt. Getrocknet ist es spröde, aber gleichzeitig hygroskopisch, dagegen wird es durch das Trocknen nahezu unlöslich in Salzlösungen.

Syntonin.

9) **Syntonin. Parapepton** von Meissner. Von Liebig zuerst beschriebener, von C. G. Lehmann benannter Eiweissstoff, zuerst aus Fleisch, später auch aus anderen contractilen Geweben dargestellt. Gegenwärtig werden hierher die durch Einwirkung verdünnter Salzsäure auf die verschiedensten löslichen und coagulirten Eiweissstoffe entstehenden Umwandlungsproducte (Kühne), das erste Product der Einwirkung des Magensaftes, oder künstlicher Pepsin und Salzsäure enthaltender Verdauungsflüssigkeiten, sowie auch die Stoffe gerechnet, die aus der Lösung der Eiweissstoffe in concentrirter Salzsäure durch Wasser gefällt werden (Hoppe-Seyler). Myosin geht durch Einwirkung sehr verdünnter Salzsäure besonders rasch in Syntonin über (Kühne). Zur Darstellung des Syntonins aus Fleisch wird dasselbe möglichst fein zerwiegt, die Masse wiederholt mit Wasser angerührt und ausgepresst, bis die ablaufende Flüssigkeit Lackmuspapier nicht mehr röthet und beim Kochen keine Trübung mehr zeigt; der Rückstand wird mit Wasser angerührt, dem $^1/_{100}$ Salzsäure zugesetzt ist. Nach mehrstündiger Einwirkung filtrirt man und neutralisirt genau mit Natrium- oder Ammoniumcarbonat (jeder Ueberschuss ist sorgfältig zu vermeiden); man erhält so eine anfangs nur opalisirende Gallerte, allmählich aber setzt sich das Syntonin in weissen halbdurchscheinenden Flocken ab, welche durch Auswaschen mit Wasser gereinigt werden. Aus Fibrin oder Serumalbumin stellt Hoppe-Seyler das Syntonin dar, indem er diese Eiweissstoffe in rauchender Salzsäure auflöst, filtrirt und das Filtrat mit dem doppelten Volumen Wasser fällt. Der Niederschlag abfiltrirt und in Wasser eingetragen, löst sich darin klar auf und giebt beim Neutralisiren mit Sodalösung gallertig-flockigen Niederschlag von reinem Syntonin. Das Syntonin zeigt in seinen Reactionen mit dem Serumcaseïn von Kühne und Eichwald so vollkommene Uebereinstimmung, dass einfach auf letzteres verwiesen werden kann. Die einzige Differenz betrifft die Löslichkeit in 0·1procentiger Salzsäure und in schwach alkalischen Flüssigkeiten. Syntonin löst sich nach Hoppe-Seyler in diesen Lösungsmitteln sehr leicht auf, während Serumcaseïn nach Eichwald eine gewisse Resistenz gegen beide Medien zeigt. Doch giebt auch Kühne schon an, dass die Löslichkeit des Syntonins um so mehr abnehme, je länger man es auswäscht.

Acidalbumine.

Die Acidalbumine von Melsens und Panum, Niederschläge, welche in Lösungen verschiedener Eiweissstoffe nach gleichzeitigem Zusatz grösserer Mengen eines Neutralsalzes und einer Säure sich bilden, zeigen nach den Versuchen von Eichwald je nach der Natur der zu ihrer Darstellung angewandten Eiweissstoffe, wie nach der Natur und Concentration der angewandten Säuren

verschiedene Eigenschaften. Es ist kaum zu bezweifeln, dass unter dieser Bezeichnung wiederholt schon differente Eiweisskörper zusammengefasst wurden. Soyka[1]) aber schliesst aus seinen Studien über diese Eiweissstoffe, dass Acidalbumine und Alkalialbuminate ein und derselben Gruppe angehören, und sich nur insoferne unterscheiden, als beide denselben Körper: Proteïn, einmal an Säure, das andere Mal an Basis (Metall) gebunden enthalten. In ihrer specifischen Drehung stimmen die Acidalbumine mit den Alkalialbuminaten überein.

Paralbumin.

10) **Paralbumin** von Scherer in Ovarialcysten zuerst unterschiedener, später auch in Ascitestranssudaten (Hilger) aufgefundener Eiweisskörper, welcher sich vom Serumalbumin zunächst durch folgende Reactionen unterscheidet: 1. Unvollständige Coagulation der Lösung beim Kochen, selbst wenn die kochende Flüssigkeit sehr vorsichtig mit Essigsäure versetzt wird, wobei sie zwar Flocken bildet, aber milchig trübe bleibt und sich auch nicht klar filtriren lässt; 2. Fällen der paralbuminhaltenden Flüssigkeit mit starkem Alkohol. Der Niederschlag löst sich, selbst nachdem er Tage lang unter starkem Alkohol gestanden und noch auf dem Filter mit diesem ausgewaschen wurde, in Wasser, und diese Lösung zeigt nun wieder das Verhalten der ursprünglichen (namentlich unvollständige Coagulation). 3. Essigsäure erzeugt in den Paralbuminlösungen einen in überschüssiger Essigsäure sich wieder lösenden Niederschlag (Unterscheidung vom Mucin). Nach neueren Beobachtungen von Hoppe-Seyler, Plósz und Obolensky scheint es, dass das Paralbumin ein Gemenge von Eiweisskörpern mit Mucin und sogenannter Colloidsubstanz sei. Kocht man Mucin oder Colloidsubstanz mit verdünnter Schwefelsäure, so erhält man neben einem Eiweisskörper eine Fehling'sche Lösung wie Zucker reducirende Flüssigkeit. Dem entsprechend hat Hoppe-Seyler gefunden, dass in dem Alkoholniederschlage des Paralbumins ein Körper enthalten sei, der sich im Wasser wie Glykogen mit milchiger Opalescenz löst, nach dem Kochen mit verdünnter Schwefelsäure Kupfer- und Wismuthoxyd reducirt, und sich beim Erhitzen mit Kalilauge bräunt. Aehnliche Erfahrungen machten Plósz und Obolensky[2]). Ein von Scherer als Metalbumin bezeichneter Körper stimmt mit dem Paralbumin in den meisten Punkten überein.

Coagulirte Eiweissstoffe.

11) **Coagulirte Eiweissstoffe.** Sie entstehen aus den löslichen: dem Serumalbumin, Paraglobulin, Myosin u. s. w., durch Einwirkung von Siedhitze, durch längere Einwirkung von Alkohol, und durch andere Momente mehr. Dieselben sind unlöslich in Wasser, in Alkohol, unlöslich in den Lösungen von neutralen Alkalisalzen, schwer löslich in verdünnten kaustischen Alkalien, besonders in Ammoniak, so gut wie unlöslich endlich in verdünnter Salzsäure. In Essigsäure quellen sie auf und lösen sich allmählich; diese Lösungen werden durch concentrirte Salzlösungen gefällt. In concentrirter Salzsäure werden sie gelöst unter Bildung von Syntonin und peptonähnlichen linksdrehenden Körpern, die beim Erhitzen ihrer neutralen Lösungen nicht gefällt werden. Durch Magensaft und künstliche Verdauungsflüssigkeiten werden sie bei der Bluttemperatur zunächst in Syntonin und sogenannte Peptone umgewandelt.

Fibrin.

12) **Fibrin. Faserstoff.** Ein bei der freiwilligen Gerinnung des Blutes, Chylus, und gewisser seröser Transsudate sich ausscheidender, und durch seine gallertige oder faserige Ausscheidung die Gerinnung bedingender Eiweissstoff,

---

[1]) Soyka, Ueber das Verhältniss des Acidalbumins zum Alkalialbuminat. Pflüger's Archiv f. Physiol., Bd. XII, 347.

[2]) Huppert, Prag. med. Wochenschr. 1876, 24. März.

nicht in Lösung, sondern nur im ausgeschiedenen Zustande bekannt, da die Gerinnung, sowie die obengenannten thierischen Flüssigkeiten dem Lebenseinflusse entzogen sind, alsbald beginnt. Man stellt den Faserstoff am häufigsten aus dem Blute dar und zwar nach zwei Methoden: Blut, sofort wie es aus der Ader kommt, wird mit einem Quirl, einem Glas- oder Holzstäbchen so lange gequirlt, bis sich der Faserstoff in Gestalt eines faserigen, sich zum Theil an den Quirl anlegenden Gerinnsels ausgeschieden hat. Dasselbe, noch Blutkörperchen und Plasma in seinen Maschen einschliessend, wird in ein leinenes Säckchen gebunden, unter Kneten so lange mit destillirtem Wasser ausgewaschen, bis dieses ganz farblos abläuft, dann noch zur Entfernung von Fett u. s. w. mit Alkohol und Aether ausgezogen. Oder: man überlässt Blut der freiwilligen Gerinnung, lässt den Blutkuchen zum kleinsten Volumen sich zusammenziehen, giesst das Serum möglichst vollständig ab, zerschneidet hierauf den Blutkuchen in möglichst kleine Stücke und wäscht dieselben in einem leinenen Säckchen durch Kneten mit Wasser wie oben aus, reinigt endlich durch Behandlung mit Alkohol und Aether. Nach beiden Methoden ist er aber nicht rein, sondern enthält noch farblose Blutkörperchen und andere Verunreinigungen eingeschlossen. Im frischen, feuchten Zustande stellt das Fibrin eine weisse elastisch-zähe faserige Masse dar, welche jedoch unter dem Mikroskope völlig amorph erscheint. Dasselbe ist in Wasser, Alkohol und Aether unlöslich, quillt in Essigsäure, sowie anderen Säuren (verdünnter Salzsäure, Phosphorsäure, Milchsäure) erst auf, und löst sich dann allmählich, jedoch meist nur unvollständig. Beim Erhitzen mit Wasser auf + 72^0 oder beim Liegen unter Weingeist schrumpft es zusammen, wird dem geronnenen Albumin ähnlich und löst sich dann nicht mehr in verdünnten Säuren, aber wohl in Alkalien. Feuchtes Fibrin entwickelt aus Wasserstoffsuperoxyd lebhaft Sauerstoff, nicht aber gekochtes oder mit Weingeist digerirtes (Thénard, Gianuzzi.) In wässerigen Neutralsalzen: Salpeterlösung, Kochsalzlösung von 6 bis 10 Proc. quillt Fibrin zur schleimigen Masse auf und geht theilweise in Lösung. Diese Lösungen werden durch Wasser gefällt, gerinnen beim Erhitzen auf + 73^0 (Scherer, Lehmann, Kühne), und werden auch durch Weingeist und Essigsäure gefällt. Nach Eichwald dagegen entziehen Salzlösungen dem Fibrin nur darin eingeschlossene gerinnbare Blutbestandtheile, ohne das Fibrin selbst zu lösen. Getrocknet stellt das Fibrin eine gelbliche hornartig zähe Masse dar, welche sich wie die übrigen getrockneten Eiweisskörper verhält.

Vitellin.

13) **Vitellin** von Hoppe-Seyler. Ein besonders reichlich im Eidotter, nach Hoppe-Seyler und Laptschinsky auch in der Krystalllinse (Krystallin) enthaltener Eiweissstoff, aber so, wie er bisher dargestellt, noch nicht rein. Hoppe-Seyler gewann ihn durch Schütteln der Dottermasse mit getrennten Portionen Aether, so lange sich dieser noch gelb färbte, Auflösen des vom Aether nicht Gelösten in schwacher Chlornatriumlösung, Filtriren und Fällen des Filtrats durch einen Ueberschuss von Wasser. Th. Weyl erhielt das Vitellin aus dem Eidotter, indem er den Rückstand von der Behandlung mit Aether in möglichst wenig 10procentiger Kochsalzlösung löste und durch wiederholtes Fällen mit Wasser und abermaliges Lösen in einigen Tropfen 10procentiger Kochsalzlösung reinigte. Diese Lösung coagulirte bei 75^0 bis 80^0 C. Das Vitellin wird aus seinen Auflösungen in Salzwasser durch Wasser leichter ausgefällt als Myosin, wird durch Eintragen von festem Chlornatrium in die Lösung nicht gefällt, wohl aber durch Alkohol, mit welchem längere Zeit in Berührung es in den unlöslichen Zustand übergeführt wird. In Wasser, welches 1 pro Mille Salzsäure enthält, löst es sich leicht auf, wird aber hierbei ebenso wie das Myosin rasch in Syntonin umgewandelt. In verdünnter Sodalösung ist das Vitellin leicht und ohne Verände-

löslich, in ätzenden Alkalien unter allmählicher Umwandlung in Alkalialbuminat. Das auf obige Weise aus dem Eidotter, aber auch aus der Krystalllinse, dargestellte Vitellin ist stets noch lecithinhaltig; von dieser Verunreinigung jedoch ohne Coagulation nicht zu befreien. Eiweisskörper mit dem Vitellin aus Eidotter in den Reactionen übereinstimmend, fanden Hoppe-Seyler im Chylus und Th. Weyl im Fruchtwasser. Für identisch mit lecithinhaltigem Vitellin oder mit letzterem mindestens sehr nahe verwandt, hält Hoppe-Seyler die von Valenciennes und Fremy beschriebenen untenstehenden Körper:

14) Ichthin, Ichthidin, Ichthulin, Emydin. Unter diesen Namen wurden von Valenciennes und Fremy den Eiweissstoffen jedenfalls zugehörige Körper in den Eiern von Fischen und anderen Thieren in sehr unvollständiger, der Ergänzung und Revision ungemein bedürftiger Weise beschrieben.

Ichthin.

Ichthin. Die Substanz der Dotterplättchen der Eier der Knorpelfische und wahrscheinlich auch der Batrachier. Diese Dotterplättchen, farblos und vollkommen transparent, stellen rectanguläre Täfelchen mit abgerundeten Kanten und abgestumpften Ecken bei *Raja clavata* L. dar, sind elliptisch oder kreisrund bei *Torpedo marmorata*, sehr lang gestreckt oval, mitunter hexagonal bei *Squalus galeus*, und quadratisch bei *Rana esculenta*. Ihr Durchmesser schwankt zwischen 0·008 bis 0·06 mm und nach den Untersuchungen von Radlkofer sind sie doppeltbrechend. Das Ichthin ist unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether, löslich in Salzsäure ohne violette Färbung, löslich in den übrigen Mineralsäuren und in Essigsäure, löslich in Kali- und Natronlauge, aber unlöslich in Ammoniak. Enthält in 100 Thln.: Kohlenstoff 51·0, Wasserstoff 6·7, Stickstoff 15·0, Phosphor 1·9, Sauerstoff 25·4.

Ichthidin.

Ichthidin. Die Dotterplättchen unreifer Eier von Knochenfischen. Rectanguläre, oder nahezu quadratische platte Täfelchen, vollkommen durchsichtig und doppeltbrechend. Das Ichthidin ist in Wasser löslich, seine wässerige Lösung wird durch Kochen, durch Alkohol und Aether gefällt. Concentrirte Salzsäure löst es ohne violette Färbung, Salpetersäure färbt es gelb, das Millon'sche Reagens roth, Ammoniak bewirkt Lösung, nicht aber concentrirte Kalilauge, Schwefelsäure und Essigsäure. Jodlösung färbt es bräunlich und löst es, wie es scheint, auf; die Ichthidinplättchen lassen sich umkrystallisiren (Radlkofer).

Ichthulin.

Ichthulin. Ein dem Ichthidin sehr ähnlicher, in Fischeiern und besonders den Salmeneiern aufgefundener Körper. Das Ichthulin löst sich in Wasser, die anfangs klare Lösung trübt sich aber bald unter Bildung eines syrupösen, fadenziehenden, in Wasser nicht mehr löslichen Absatzes, namentlich nach Zusatz einer grösseren Wassermenge. Durch Behandlung mit Alkohol und Aether verliert das Ichthulin seine Viscosität und wird pulverisirbar. Enthält in 100 Thln.: Kohlenstoff 52·5, Wasserstoff 8·0, Stickstoff 15·2, Schwefel 1·0, Phosphor 0·6, Sauerstoff 22·7. — Sind die Eier der Karpfen einmal vollständig ausgebildet, so findet sich darin weder Ichuthin noch Ichthulin mehr, sondern Albumin, welches ein phosphorhaltiges Oel in Suspension hält.

Emydin.

Emydin. Mit diesem Namen bezeichnen Valenciennes und Fremy in den Eiern der Schildkröten vorkommende rundliche, theilweise abgeplattete Körner, die nicht selten krystallartige Einschlüsse enthalten. Diese Einschlüsse

sind bald langgezogen sechseckig, bald quadratisch oder rectangulär, bald rhombisch oder rhomboïdisch, bald unregelmässig eckig oder oval; sie sind doppeltbrechend (Radlkofer). Das Emydin unterscheidet sich vom Ichthin dadurch, dass es sich in verdünnter Kalilauge sogleich löst, in Essigsäure aber ohne sich zu lösen aufquillt. In kochender Salzsäure löst es sich ohne violette Färbung. Enthält in 100 Thln.: Kohlenstoff 49·4, Wasserstoff 7·4, Stickstoff 15·6, Phosphor und Sauerstoff 27·6.

Amyloïd.

15) **Amyloid.** Ein pathologisch in feinen concentrisch-schaligen Körnchen an dem serösen Ueberzuge des Gehirns und der Nervenanfänge, oder als glasglänzende Infiltration in Leber, Milz und Nieren (Wachsleber, Speckmilz), den Blutgefässwandungen und in Prostatasteinchen nachgewiesener Eiweissstoff, der nach seiner mikroskopischen Structur und nach einigen mikrochemischen Reactionen einige Aehnlichkeit mit Amylum zeigt und von seinem Entdecker Virchow deshalb obigen Namen erhalten hat. Derselbe charakterisirt sich jedoch durch seine Zusammensetzung ebensowohl, wie durch sein Verhalten als Eiweissstoff. Von den coagulirten Eiweissstoffen unterscheidet er sich vorzugsweise dadurch, dass er durch Jod röthlich, durch Schwefelsäure und Jod dagegen violet oder rein blau gefärbt wird. Concentrirte Salzsäure löst das Amyloïd auf und die Lösung mit Wasser verdünnt, giebt einen Niederschlag, der sich ganz wie salzsaures Syntonin verhält (Hoppe-Seyler). In Alkalien löst es sich zu Alkalialbuminat; von den übrigen Eiweissstoffen unterscheidet es sich auch dadurch, dass es von Verdauungsflüssigkeiten nicht angegriffen wird und auch der Fäulniss länger widersteht (Kühne und Rudneff). Um es zu isoliren, extrahirt man damit stark infiltrirte Gewebe mit Wasser, hierauf mit Alkohol und Aether und behandelt die rückständige Masse mit gutem Magensaft oder künstlicher Verdauungsflüssigkeit bei $+ 40^0$ nach vorherigem Auskochen mit salzsäurehaltigem Alkohol (Kühne).

Protsäure.

16) **Protsäure.** Unter diesem Namen beschrieb Limpricht einen aus der Fleischflüssigkeit von Fischen durch Säuren fällbaren Eiweissstoff, welcher sich in weissen, voluminösen Flocken abschied. Der so gewonnene Körper war in kaltem Wasser kaum löslich, in kochendem langsam; die Lösungen wurden beim Abdampfen zuletzt gallertartig und hinterliessen einen leimähnlichen Rückstand. In verdünnter Essigsäure, Salzsäure, Schwefelsäure, kaustischen und kohlensauren Alkalien, Kalk- und Barytwasser löste sich die Protsäure leicht auf. Die Lösungen des Ammonium- und Bariumsalzes gaben mit den meisten Metalloxyden Niederschläge. Die essigsaure Lösung wurde durch Ferrocyankalium nicht gefällt. Getrocknet und geglüht, hinterliess die Protsäure keine Asche.

Chemische Constitution der Eiweisskörper.

Allgemeine Betrachtungen über die chemischen Verhältnisse der Eiweissstoffe. So zahlreich auch die Untersuchungen sind, welche das Studium der Eiweissstoffe zum Gegenstande hatten, so sind doch die Ergebnisse derselben wenig zufriedenstellend. Namentlich ist ihre Constitution dadurch nicht aufgeklärt. Die Aufstellung selbst nur empirischer Formeln für diese Körper ist schon ein Wagniss. Ihr Moleculargewicht ist, wenn wir den Schwefel als einen wesentlichen Bestandtheil und nicht etwa nur als eine Verunreinigung betrachten, ein ungewöhnlich hohes. Dazu kommt, dass diese Körper jener Eigenschaften

ermangeln, die am sichersten als Kennzeichen chemischer Reinheit dienen. Den bedeutungsvollsten Einblick in den Bau dieser physiologisch so wichtigen Körpergruppe haben uns die jüngsten Untersuchungen von Hlasiwetz und Habermann und von P. Schützenberger eröffnet. Diese Untersuchungen lassen nicht länger bezweifeln: 1) dass die Eiweisskörper den Stickstoff in zweierlei Form enthalten: in einer loseren Form und in einer innigeren. Der leichter in der Form von Ammoniak sich abspaltende Stickstoff entstammt jedenfalls jenen Componenten der Eiweisskörper, welche auch die Aminsäuren liefern; es ist dieser Stickstoff immer nur ein Theil des Gesammtstickstoffs und bei den verschiedenen Eiweissmodificationen eine verschiedene Gewichtsgrösse. Besonders bemerkenswerth ist es, dass diese Ansicht über eine doppelte Bindungsform des Stickstoffs in den Eiweisskörpern schon vor längerer Zeit von O. Nasse auf Grund von Versuchen ausgesprochen war, die ihn zu dem Schlusse führten, dass ein Theil des Stickstoffs in den Eiweisskörpern als an Carbonyl gelagerte NH_2-Gruppe, wie im Harnstoff, den Aminsäuren etc. der andere aber wie der Stickstoff in den Amidosäuren als an einen Kohlenwasserstoff angelagerte NH_2-Gruppe enthalten sei. Die früher vielfach ausgesprochene Vermuthung, es mögen in dem Molecül der Eiweisskörper auch die Kohlehydrate vertreten sein, und zwar wegen der zahlreichen stickstofffreien Zersetzungsproducte, welche die Eiweisskörper liefern, hat in den neueren Untersuchungen keine sichere Stütze gefunden. Die nächste Aufgabe wäre nun offenbar die, die Stellung des Schwefels in den Eiweisskörpern zu ermitteln, ist diese gelöst, dann werden wir von der Möglichkeit, der Structur der Eiweisskörper in Formeln Ausdruck zu geben, nicht mehr weit entfernt sein.

Die von Pflüger[1]) ausgesprochene Meinung, das lebende Eiweiss enthalte einen Theil des Stickstoffs in der Form von Cyan, sich hauptsächlich darauf stützend, dass die Zersetzungsproducte des lebenden Eiweisses, d. h. die Producte der regressiven Stoffmetamorphose (Harnsäure, die Ureïde), sicher Cyanverbindungen seien und gerade diese noch nie aus todtem Eiweiss bisher erhalten wurden, womit gleichzeitig ein Gegensatz zwischen lebendem und todtem Eiweiss in dem Sinne aufgestellt wird, dass im letzteren der Stickstoff in der Form von NH_2, in ersterem in jener von CN enthalten sei, eröffnet der Speculation eine Fülle von neuen Gesichtspunkten, ist aber vorläufig nicht experimentell controlirbar.

Was nun die Charakteristik der einzelnen Eiweissstoffe betrifft, so ist sie eine so äusserliche und vielfach schwankende, dass sie es uns recht deutlich zum Bewusstsein bringt, wie wenig wir von diesen Stoffen im Grunde wissen. Nach aufmerksamem Durchlesen des Vorhergehenden wird man finden, dass die Unterschiede zwischen den verschiedenen Eiweissstoffen

---

[1]) Pflüger's Arch. Bd. X, S. 251.

sich meist nur auf ihr Verhalten gegen das eine oder das andere Lösungs- oder Fällungsmittel beziehen, worauf aber bei colloïdalen Stoffen, wie die Eiweisskörper es im eminenten Sinne sind, wohl nur geringer Werth zu legen ist. Man vergegenwärtige sich nur das proteusartige Verhalten des Kieselsäurehydrats in seinen verschiedenen Quellungsverhältnissen gegen Lösungs- und gegen Fällungsmittel! Man erinnere sich aber auch an die Verschiedenheit der Angaben verschiedener Forscher über das Verhalten eines und desselben Eiweissstoffes, offenbar bedingt durch Verschiedenheit der Versuchsbedingungen, Concentration der Lösungen, Temperatur, Einfluss der auf einander wirkenden Massen u. s. w. Die physiologische Chemie ging bei der spaltenden, differenzirenden Methode von dem Grundsatze aus, dass man da, wo man wenig weiss, gut thut, auch die geringsten Unterschiede gelten zu lassen. So lobenswerth dieser Grundsatz im Allgemeinen ist, so lässt sich doch nicht verhehlen, dass man auf diesem Wege zu einer Anzahl in ihrer Individualität sehr problematischer Stoffe gelangt ist, mit denen weder die Chemie noch die Physiologie viel anzufangen weiss, letztere schon um deswillen nicht, weil sie mit den ihnen zugeschriebenen unveränderlichen Eigenschaften im lebenden Organismus eigentlich gar nicht existiren. Alle diese Unterscheidungen geben uns nicht den geringsten Einblick in das Wesen der Eiweissstoffe, so lange uns ihre nächsten Componenten nicht bekannt sind. Soll nicht heillose Verwirrung einreissen, so ist es hohe Zeit, wieder zu allgemeineren Gesichtspunkten zurückzukehren, und sich mehr an die wesentlichen gemeinsamen Eigenschaften dieser räthselhaften Stoffe zu halten, wie an ihre einer Deutung vorläufig unzugänglichen Unterschiede. Dass man es bei letzteren mit allmählich, aber stetig erfolgenden Uebergängen, bedingt durch zum Theil chemische, zum Theil aber physikalische Momente zu thun hat, lehren die Versuche von Eichwald, welche zeigen, dass man von dem sogenannten löslichen Albumin ganz allmählich zum Syntonin, zum fällbaren Albumin, ja zu noch resistenteren Zuständen gelangen kann, welche nur mit dem sogenannten coagulirbaren Albumin verglichen werden können. Es mag als eine Wendung zum Besseren angesehen werden, dass man in den letzten Jahren anfängt, die Eiweisskörper in Gruppen zusammenzufassen, deren Eintheilungsprincip freilich wieder kein anderes ist, wie jenes der Gruppenreagentien der anorganischen Chemie, mit dem wesentlichen Unterschiede allerdings, dass es sich bei den letzeren um wissenschaftlich klare Wirkungen handelt, was bei den Reactionen der Eiweisskörper nicht der Fall ist (Albumine, Globuline, Fibrine, Albuminate, Acidalbumine; Albumine, Proteïne, Globuline u. s. w.)

Vorkommen.

Vorkommen. Die Eiweissstoffe fehlen keinem thierischen Organismus und stellen die Hauptbestandtheile des Blutes, aller eigentlichen Ernährungsflüssigkeiten (Chylus, Lymphe, Milch, parenchymatöse Säfte), des Fleisches und anderer Gewebe dar. Sie fehlen auch in keiner Pe-

riode des Lebens und finden sich schon im embryonalen Organismus. Die höhere Stufe der Organisation, auf welcher der Körper des Menschen und der höheren Thiere steht, wird durch den Reichthum der Formbestandtheile an Eiweisskörpern bezeichnet. Während bei den Pflanzen die Wände der Zellen und Röhren überwiegend aus der stickstofffreien Cellulose bestehen, werden im Thierkörper dieselben vorzugsweise von Eiweisskörpern und ihren nächsten Abkömmlingen gebildet.

Mengenverhältnisse.

Mengenverhältnisse. Nachstehende Angaben über die Mengenverhältnisse der Eiweisskörper in thierischen Flüssigkeiten und Geweben erläutern die Verbreitung und das Vorwiegen derselben unter den übrigen Bestandtheilen in den meisten dieser Flüssigkeiten und Organe.

Es sind ungefähr enthalten:

	In 100 Thln.
Flüssigkeiten:	
Cerebrospinalflüssigkeit	0·09
Humor aqueus des Auges	0·14
Fruchtwasser	0·70
Darmsaft	0·95
Pericardialflüssigkeit	2·36
Lymphe	2·46
Pancreassecret	3·33
Synovia	3·91
Milch	3·94
Chylus	4·09
Blut	19·56
Gewebe:	
Rückenmark	7·49
Gehirn	8·63
Leber	11·74
Thymus (Kalb)	12·29
Hühnerei	13·43
Muskeln	16·18
Mittlere Arterienhaut	27·33
Krystalllinse	38·30

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Die Eiweissstoffe kommen im Thierkörper in den verschiedensten Quellungszuständen, den eigentlichen vitalen Stempel tragend zu Geweben organisirt, amorph, oder aber in Lösung vor. Die Frage, in welcher Weise diese Colloidsubstanzen in die thierische Zelle, das geformte Gewebe übergehen, entzieht sich, vorläufig wenigstens, jeder chemischen Discussion, und dürfte kaum je im chemischen Laboratorium zum Austrage gebracht werden. Anders aber steht es um die Frage, wodurch die Lösung der Eiweisskörper im lebenden Organismus bedingt ist, über diese Frage lässt sich allerdings discutiren.

Die meisten Physiologen, welche sich mit den Eiweissstoffen eingehender beschäftigten, kamen zu der Ansicht, dass ihre Lösung

in den thierischen Ernährungsflüssigkeiten nicht durch das Wasser allein, sondern durch gleichzeitige Anwesenheit gewisser Salze bedingt sei, dass sie bei Abwesenheit dieser Salze in Wasser überhaupt nicht löslich sind, und sich demnach, wenn man ihren Lösungen die Salze entzieht, sich sofort ausscheiden. Diese Ansicht aber schien aufgegeben werden zu müssen, nachdem Aronstein durch Dialyse von blutkörperchenfreiem Blutserum und von Hühnereiweisslösung vollkommen salzfreies lösliches, weder durch Kochen noch durch grossen Alkoholüberschuss mehr fällbares Albumin dargestellt zu haben angab. Die Beobachtungen Aronstein's konnten aber von keinem Derjenigen, welche sie wiederholten, bestätigt werden (Heynsius, Winogradoff, Huizinga). Es führt dies aber zu einer anderen Frage, die Brücke[1]) mit Recht besonders betont, zur Frage nämlich, ob denn die Eiweisskörper in ihren sogenannten Lösungen wirklich im chemisch-physikalischen Sinne gelöst sind, oder ob es nicht vielmehr ein Zustand feiner Vertheilung und Quellung sei, und sich hieraus die unzweifelhaften Verschiedenheiten erklären würden, die Lösungen von Zucker, Salzen etc. einerseits und solche von Eiweiss, Gummi, d. h. von solchen Stoffen darbieten, die man nach ihrem Verhalten bei der Dialyse nach Graham's Vorgang colloidale nennt. Brücke, indem er an verschiedenen Eigenschaften der Eiweisslösungen nachweist, dass das einzelne Eiweissmolekül darin noch die Eigenschaften eines starren Körpers besitze, spricht sich dahin aus, dass die sogenannten Lösungen der Eiweisskörper einen Zwischenzustand von ausserordentlicher Quellung, d. h. sehr feiner Vertheilung, und von wahrer Lösung darstellen. Fragt man ferner, wodurch ihr allmählicher Uebergang in resistentere Quellungszustände: in die sogenannten festweichen Aggregatzustände bedingt werde, so lässt sich kaum in Abrede stellen, dass wenn Wasserentziehung, Verdünnung mit Wasser, ab- und zunehmende Alkalescenz und ab- und zunehmender Salzgehalt Momente sind, welche ausserhalb des Organismus verschiedene Quellungszustände der Eiweissstoffe bedingen, Ausscheidungen, Gerinnungen u. dgl. hervorrufen, es nahe genug liegt, auch die Ausscheidungen mancher Eiweisskörper, das Festwerden derselben während des Lebens auf ähnliche Verhältnisse zurückzuführen. In dieser Hinsicht ist es sicherlich bedeutungsvoll, dass für viele Gewebe die Bildung einer freien Säure bei den in ihnen vor sich gehenden Umsetzungen nachgewiesen ist, sowie dass in an zelligen Elementen reichem Auswurf auffallend grosse Mengen von Chlornatrium aufgefunden werden (Bamberger).

Von besonderem Interesse ist die Frage, in welchem Zustande sich das bei der Gerinnung gerinnbarer Ernährungsflüssigkeiten gewissermaassen spontan ausscheidende Fibrin im lebenden Körper befindet, eine Frage, welche mit jener der Ursachen der Gerinnung des Blutes auf das

---

[1]) Brücke: Vorles. über Physiol. I, S. 94.

Engste zusammenhängt. Wir behalten uns vor, auf diesen Vorgang unter „Blut“ näher einzugehen.

Abstammung.

Abstammung. Die Eiweisskörper werden dem Thierkörper bereits fertig gebildet durch die Nahrung zugeführt (vgl. S. 32). In der Fleischnahrung erhält das fleischfressende Thier Eiweissstoffe, welche mit denjenigen seines eigenen Körpers identisch sind, in der Pflanzennahrung das pflanzenfressende solche, welche, wenngleich mit denen seines Organismus gerade nicht identisch, doch denselben in allen wichtigeren Beziehungen vollkommen analog sind. Um zu Bestandtheilen des Organismus zu werden, bedürfen die in der Nahrung aufgenommenen Eiweissstoffe der Assimilation; diese aber setzt keine tiefgreifende chemische Veränderung, sondern nur uns freilich gänzlich unbekannte molekulare Umlagerungen, oder wenig bedeutende chemische Umsetzungen voraus. Durch diese Thatsache gestaltet sich die Ernährung der Thiere einfach und wesentlich verschieden von jener der chlorophyllhaltenden Pflanzen, die in ihrer Nahrung nicht die Bestandtheile ihres Leibes, sondern nur die Elemente desselben aufnehmen.

Verwandlungen und Austritt.

Verwandlung im Organismus und Austritt. Im normalen Zustande des Organismus verlassen die Eiweissstoffe den Organismus nicht als solche, sondern erleiden vorher eine Reihe von Veränderungen, wodurch sie in immer einfachere und einfachere Stoffe übergeführt werden. Der Stickstoff der Eiweissstoffe tritt vorzugsweise als Harnstoff: das Amid der Kohlensäure, sowie in geringer Menge als Harnsäure, Kreatinin u. s. w. durch die Nieren aus dem Körper, während ein Theil ihres Kohlenstoffs und Wasserstoffs den Organismus in der Form von Kohlensäure und Wasser verlässt. Aber weder sind diese Producte die unmittelbar aus den Eiweissstoffen sich bildenden, noch sind es die einzigen. Es unterliegt nämlich keinem Zweifel, dass die Eiweissstoffe im Organismus zahlreiche Metamorphosen erleiden. Vor Allem kommt dem Organismus die Fähigkeit zu, die einzelnen Glieder der Reihe in einander zu verwandeln; dann aber entstehen im Organismus daraus alle jene Stoffe, welche man als nächste Abkömmlinge der Eiweisskörper zu bezeichnen pflegt und von denen einige, wie Chondrin und Glutin, Keratin und Elastin, die Grundlage wichtiger Gewebe bilden. Zum vollgültigen Beweise dieses Satzes genügt der Hinweis auf das Ei und auf die Milch; aus dem Ei, welches nur zwei Eiweissstoffe enthält, entwickeln sich alle Gewebe des Thieres, und in der Milch erhält der Säugling in bemerkenswerther Menge nur einen Eiweissstoff: das Casein, es müssen daher aus diesen Eiweissstoffen alle übrigen und alle stickstoffhaltigen Bestandtheile der Gewebe hervorgehen.

Ganz abgesehen von diesen jedenfalls noch histiogenetischen stickstoffhaltigen Substanzen treffen wir aber im Organismus und namentlich

an den Hauptherden des Stoffwechsels in bedeutender Menge Stoffe an, die, weil stickstoffhaltig, von vornherein nur von den Eiweissstoffen und ihren Derivaten abgeleitet werden können, für deren Ursprung aber ganz unzweideutig noch der Umstand zeugt, dass wir diese Stoffe wirklich auch künstlich aus den Eiweisskörpern darstellen können. Wir haben bereits (S. 35) auf jene Zwischenstufen der Umsetzung der Eweisskörper hingewiesen und auch die Gründe entwickelt, welche uns bestimmen, die genannten Verbindungen als solche zu betrachten. Jedenfalls kann so viel als ausgemacht gelten, dass der Bildung des stickstoffhaltigen Endproductes der Eiweissstoffe im Organismus: des Harnstoffs und der Bildung von Kohlensäure und Wasser, als der Form, in welcher der grösste Theil ihres Kohlenstoffs und Wasserstoffs den Organismus verlässt, zahlreiche durch Spaltungs- und Gährungsprocesse gebildete Zwischenproducte vorhergehen, die zum Theil auch wirklich als solche ausgeschieden werden.

Sehen wir nun aber von dieser in gerader Descendenz erfolgenden Abspaltung der Eiweissstoffe ganz ab, so wird, wie wir später hören werden, ein Theil derselben vor der Ueberführung in Producte der regressiven Stoffmetamorphose sehr wahrscheinlich zur Bildung der Galle verwendet, und ein anderer allerdings minimaler Theil gelangt gar nicht zur Umsetzung zu seinen Endproducten, sondern wird in der Form von Epidermisschuppen und Haaren, deren organische Grundlage ein nächster Abkömmling der Eiweissstoffe ist, abgestossen.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Die physiologische Bedeutung der Eiweissstoffe erörtern, hiesse eigentlich die Bedeutung des thierischen Organismus selbst besprechen, denn die Eiweissstoffe sind die wesentliche Grundlage desselben, sie verdienen in diesem Sinne, obgleich die Proteïntheorie Mulder's in der Chemie längst verlassen ist, physiologisch noch immer in vollem Maasse die Bezeichnung Proteïnkörper (von πρωτευω: ich nehme den ersten Platz ein); sie sind die wesentlichsten Bestandtheile des Blutes und Fleisches der Thiere, unter ihrer Mitwirkung bilden sich alle Gewebe derselben.

Albuminoide.

Nächste Derivate der Eiweisskörper.

Wir zählen hierher: Mucin, Nuclein, Keratin, Fibroin, Spongin, Substanz des elastischen Gewebes (Elastin), Collagen, Chondrigen, Peptone.

Allgemeiner Charakter.

Die aufgezählten hierher gehörigen Stoffe stehen ebensowohl nach ihrer Zusammensetzung, wie nach ihrem allgemeinen Verhalten zu den Eiweissstoffen in einer nahen genetischen Beziehung; wie letztere sind sie alle stickstoffhaltig, meist auch wohl schwefelhaltig, und haben mit ihnen überhaupt eine unläugbare Aehnlichkeit der Zusammensetzung; wie die Eiweissstoffe haben sie grosse Neigung, in Wasser aufzuquellen, sind zum Theil eminent fäulnissfähig und indifferent. Die meisten sind nicht aschenfrei darstellbar, und hinterlassen beim Verbrennen eine Alkalien und Calciumphosphat haltende Asche. Ihr Verhalten gegen Reagentien, so namentlich gegen Essigsäure und Ferrocyankalium, ist übrigens nicht unwesentlich von dem der Eiweissstoffe verschieden.

Die Zersetzungsproducte, welche sie liefern, stimmen theilweise mit denen der Eiweissstoffe überein, es ist aber bemerkenswerth, dass einige davon bei der Behandlung mit Säuren und Alkalien neben Leucin auch Glycin liefern, welches man aus den eigentlichen Eiweissstoffen noch nicht erhalten hat. Beim Erhitzen mit Barythydrat unter starkem Drucke liefern die Albuminoide ähnliche Zersetzungsproducte wie die Eiweisskörper; einige davon geben bei dieser Behandlung auch Glycin und Alanin (Amidopropionsäure).

Die meisten der hierher gehörigen Stoffe sind organisirt und integrirende Bestandtheile von Geweben (Epithelien, Horngewebe, Knorpelzellen, Sehnen, elastisches Gewebe u. s. w.), einige kommen aber auch in Lösung vor.

Von den physiologischen Beziehungen der Albuminoide gilt vielfach das von den Albuminstoffen Gesagte. Die abweichenden Momente werden bei den einzelnen Stoffen erörtert werden, insoferne überhaupt Anhaltspunkte dafür geboten sind.

Schleimstoff, Mucin.

Literatur: Schlossberger: Vers. einer allgem. u. vergl. Thierchem. S. 316. — Scherer: Ann. d. Chem. u. Pharm. LVII, 196. — Schlossberger: ebendas. XCVI, 71. — A. Rollet: Sitzungsber. der Wien. Akad. Bd. XXXIX, S. 308. — Städeler: ebendas. CXI, 14. — Cramer: Unters. d. Seide und des thierischen Schleims. Dissert. Zürich 1863. — Eichwald: Ann. d. Chem. u. Ph. CXXXIV, 177. Derselbe: Würzb. med. Zeitschr. Bd. V, 270. — Obolensky: Tübing. med. Untersuch. 4. Heft, S. 590. — A. Hilger: Arch. f. Physiol. III, 169. — Gautier, Cazeneuve und Daremberg: Ueber Colloidin. Bull. de la soc. chim. de Paris XXII, Nr. 3.

Schleimstoff.

Mit diesem Namen bezeichnet man gewisse aus zähen fadenziehenden schleimigen Flüssigkeiten, aber auch aus Geweben dargestellte, den Eiweisskörpern ziemlich nahe stehende Stoffe. Am Genauesten studirt

sind: das Mucin aus dem schleimig-zähen Inhalte einer menschlichen Cystengeschwulst zwischen Speise- und Luftröhre (Scherer), jenes aus den Submaxillardrüsen des Rindes (Obolensky), endlich jenes aus dem Schleime der Weinbergschnecke (Eichwald). Der Inhalt der von Scherer untersuchten Cystengeschwulst mischte sich mit Wasser, liess sich filtriren, und in der Lösung bewirkte Kochen weder Coagulation noch Trübung, Essigsäure einen im Ueberschuss des Fällungsmittels unlöslichen Niederschlag, Salpetersäure eine im Ueberschuss lösliche Fällung und ebenso andere Mineralsäuren. In den sauren Lösungen bewirkte Ferrocyankalium weder Trübung noch Niederschlag. Alkohol erzeugte ein weisses faseriges Coagulum, welches in Wasser sich wieder löste.

Durch wiederholtes Fällen mit Alkohol, und Auskochen mit Alkokol und Aether gereinigt, gab das Mucin Scherer's wenig Asche, erwies sich schwefelfrei und enthielt in 100 Theilen: Kohlenstoff 52·17, Wasserstoff 7·01, Stickstoff 12·64, Sauerstoff 28·18.

Mucin aus dem Schleim der Weinbergschnecke.

Aus dem Schleime der Weinbergschnecken stellte Eichwald durch Zerschneiden der Thiere, Zerreiben mit Sand, Auskochen mit Wasser, Filtriren, Fällen mit Essigsäure, Digestion des Coagulums mit verdünnter Essigsäure, Auswaschen zuerst mit essigsäurehaltigem, dann mit reinem Wasser, Lösen des so behandelten Niederschlags in überschüssigem Kalkwasser, Filtriren, abermaliges Fällen mit Essigsäure, und Auswaschen mit Essigsäure und Wasser einen von ihm ebenfalls Mucin genannten Körper dar, der nachstehende Eigenschaften zeigte:

Flockige bräunlichgraue Masse, unlöslich in Wasser, aber darin aufquellend, durch Weingeist coagulirt, ebenso durch geringe Mengen von Säuren, unlöslich in organischen Säuren, löslich in concentrirten Mineralsäuren, löslich in Alkalien, in Kalk und Barytwasser. Die mit Kalkwasser gesättigten Lösungen sind neutral, werden durch organische Säuren bleibend, durch Mineralsäuren vorübergehend gefällt. Ferrocyankalium giebt in den sauren Lösungen weder Niederschlag noch Trübung. Beim Kochen bleiben die neutralen Lösungen klar, werden durch Alkohol gefällt und stimmen überhaupt mit den Lösungen des Scherer'schen Mucins vollkommen überein. Das Millon'sche Reagens bewirkt rosenrothe Färbung.

Getrocknet ist Scherer's wie Eichwald's Mucin den getrockneten Eiweisskörpern ähnlich und weder in kaltem noch in warmem Wasser löslich. Auch Eichwald's Mucin erwies sich schwefelfrei, war rein dargestellt, vollkommen aschenfrei, gab aber bei der Elementaranalyse von denen Scherer's nicht unbedeutend abweichende Zahlen, nämlich in 100 Th.: Kohlenstoff 48·94, Wasserstoff 6·81, Stickstoff 8·50, Sauerstoff 35·75. Durch künstliche Verdauungsflüssigkeit bei Körperwärme wird das Mucin Eichwald's nicht verändert, beim Kochen mit verdünnten Säuren aber soll es in Acidalbumin und Traubenzucker übergehen.

Mucin von diesen Eigenschaften hat Eichwald ausserdem aus Colloidgeschwülsten, aus pneumonischem Auswurf, aus Retentionscysten, aber auch aus Lymphdrüsen, Schilddrüsen, Speicheldrüsen, Sarkomen und Fibroiden dargestellt.

Mucin aus Submaxillardrüsen.

Aus dem Schleime der Submaxillardrüsen des Rindes gewann Obolensky Mucin durch Trituriren der zerschnittenen Drüsen mit Glasscherben in einer Reibschale, Eintragen der Masse in Wasser, Filtriren nach 12 Stunden und nochmalige Extraction des Rückstandes mit Wasser. Die Filtrate wurden mit überschüssiger Essigsäure gefällt, der Niederschlag mit essigsäurehaltigem Wasser (so lange Blutlaugensalz Trübung gab), dann mit heissem Alkohol ausgewaschen und getrocknet. Die Eigenschaften des so dargestellten Mucins stimmten im Allgemeinen mit denjenigen des Eichwald'schen überein. Dasselbe frisch durch Essigsäure gefällt, quoll in Wasser stark auf, war leicht löslich in Kalk- und Barytwasser, und wurde aus diesen Lösungen durch Gerbsäure, Eisenchlorid und Quecksilberchlorid nicht gefällt. Die Lösung des Mucins in Natronlauge gab mit Kupfervitriol eine blaue Lösung; in Essigsäure war es unlöslich, löslich in Salzsäure und Salpetersäure; die salzsaure Lösung wurde durch Ferrocyankalium nicht gefällt. War das Mucin durch Alkohol coagulirt und getrocknet, so zeigte es kaum mehr Quellung in Wasser und löste sich in Kalk- und Barytwasser, sowie in Sodalösung nur langsam auf. Auch Obolensky's Mucin erwies sich schwefelfrei und lieferte bei der Elementaranalyse: Kohlenstoff 52·31, Wasserstoff 7·22, Stickstoff 11·84, Sauerstoff 28·63 Proc., Zahlen, welche den von Scherer bei seiner Analyse erhaltenen näher stehen, wie jenen von Eichwald, wobei jedoch zu bemerken ist, dass auch Scherer einmal Zahlen erhielt, welche den Eichwald'schen sich nähern. Auch Obolensky erhielt bei anhaltendem Kochen des Mucins mit verdünnter Schwefelsäure eine Eiweissstoff (Acidalbumin) und eine Kupferoxyd reducirende „zuckerartige" Substanz, die aber gewiss nicht Traubenzucker war. Mit Natronlauge gekocht, hierauf mit Schwefelsäure neutralisirt, verwandelte sie sich in einen Körper, welcher die Reactionen des Brenzkatechins gab.

Ein mit dem Eichwald'schen Mucin völlig übereinstimmendes Albuminoid gewann Hilger aus der schlauchförmigen Lederhaut von *Holothurien*. Die bei der Analyse erhaltenen Zahlen waren: Kohlenstoff 48·8, Wasserstoff 6·9, Stickstoff 8·8 Proc., entsprechen mithin den von Eichwald erhaltenen.

Schleimpepton.

Schleimpepton — nennt Eichwald eine Substanz, die er durch Auflösen von Mucin in überschüssigem Kalkwasser, Verdünnen mit Wasser, Kochen bis Essigsäure keinen Niederschlag mehr gab, Einleiten von Kohlensäure in die erkaltete Flüssigkeit, Aufkochen zur Abscheidung des kohlensauren Calciums, Concentriren des Filtrats und Fällung mit Alkohol erhielt. Graulich-weisse

aus zarten Flocken bestehende Masse, leicht löslich in Wasser, weder durch Säuren, Alkalien noch durch Salze fällbar, wohl aber durch Kochen unter Zusatz einer Säure. Nicht fällbar durch Metallsalze mit Ausnahme des Bleiessigs. Millon's Reagens giebt rosenrothen Niederschlag. Die Substanz färbt Jod bräunlich, ist schwefel- und aschenfrei, und dialysirt sehr leicht, während Mucin so gut wie kein Diffusionsvermögen besitzt. Es findet sich in stagnirenden schleimhaltigen Flüssigkeiten.

Durch Kochen von fötalem Bindegewebe mit Wasser (Schlossberger) und von Sehnen mit Kalkwasser (A. Rollet) erhält man dem Mucin sehr nahe stehende wenn nicht damit identische Körper.

Ein von Gautier als Colloidin beschriebener Körper aus einer enormen Eierstockgeschwulst steht dem Schleimstoff mindestens sehr nahe.

Vorkommen.

Der Schleimstoff kommt im Schleim jedenfalls gelöst vor, allein seine Lösung scheint nach den Beobachtungen Städeler's und Eichwald's von damit verbundenem Alkali abhängig zu sein; auch ist es nicht unwahrscheinlich, dass die ausserordentlich verschiedenen Consistenzgrade, welche der Schleim zeigt, von der Menge des Alkalis herrühren, welche damit verbunden ist. Sättigt man nämlich das freie Alkali des Schleims mit Essigsäure, so wird die Schleimlösung um so zäher, je mehr Alkali durch die Essigsäure entzogen wird, bis sich endlich der Schleimstoff in dicken Flocken abscheidet (Städeler).

Dass sich der Schleimstoff aus den Eiweissstoffen bildet, ist eben so sicher, als es gänzlich unaufgeklärt ist, wie dies geschieht. Vergleicht man die Zusammensetzung des Mucins mit jener der Eiweissstoffe, so ergiebt sich sogleich, dass aus den letzteren, damit sie in Mucin übergehen können, Kohlenstoff, Schwefel und Stickstoff austreten müsse.

Pyin.

Pyin — hat man ein in anomalem Eiter und in einigen pathologischen Transsudaten nachgewiesenes Albuminoid genannt, welches dem Mucin jedenfalls in Eigenschaften, Zusammensetzung und Reactionen sehr nahe steht. Seine Auflösungen werden aber durch Quecksilberchlorid und Bleizucker gefällt.

Nucleïn.

Literatur: Miescher: Med. chem. Untersuch. v. Hoppe-Seyler, IV, 441. 502. — Derselbe: Verhandl. der naturforsch. Gesellsch. in Basel 1874. VI. 1tes Heft 138. — Lubavin: Med. chem. Unters. IV, 486. — Hoppe-Seyler: ebenda 461. — Plósz: ebenda 463. — Sertoli: Gaz. med. veterinaria 1872. Jan. u. Febr. — Piccard: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. VII, 1714. — Jaksch: Arch. f. Physiol. XIII, 469. — J. Worm-Müller: ebenda VIII, 190.

Unter dieser Bezeichnung wird gegenwärtig ein phosphorhaltiger Körper verstanden, welcher nach seinem Verhalten einerseits dem Amyloid, andererseits dem Mucin nahe steht. Gereinigt ist das Nucleïn farblos,

amorph, etwas, jedoch wenig löslich in Wasser, leicht löslich in Ammoniak, kohlensauren Alkalien, phosphorsaurem Natrium. Starke Salpetersäure löst es zu einer farblosen Flüssigkeit, die sich beim Erwärmen schwach gelb färbt, Jod färbt es ebenfalls nur schwach gelb, und das Millon'sche Reagens giebt nicht die für Eiweisskörper charakteristische rothe Färbung. Durch Kochen mit starker Salzsäure oder mit ätzenden Alkalien wird es unter Abspaltung des gesammten Phosphors zersetzt; es bildet sich dabei aber keine Glycerinphosphorsäure. Auch beim Stehen seiner sauren Lösungen zersetzt es sich unter Bildung von Phosphorsäure. Der Phosphorgehalt des Nucleïns beträgt 9·59 Proc. Aus seiner Analyse entwickelt Miescher für das Nucleïn die Formel

$$C_{29} H_{49} N_3 P_3 O_{22}$$

die aber wegen der mangelnden Kriterien der chemischen Reinheit des Körpers nur mit Vorsicht aufzunehmen ist. Es ist möglich, dass mehrere Nucleïne existiren (Hoppe-Seyler), oder dass das Nucleïn ein Gemenge von organischen Phosphorsäureverbindungen und Eiweisskörpern ist (J. Worm-Müller).

Die Reindarstellung des Nucleïns ist mit Schwierigkeiten verknüpft und gelingt nur bei niedriger Temperatur. Man erhält es, indem man Lachssperma mit heissem Alkokol erschöpft, dann rasch mit 1 procentiger Salzsäure extrahirt und das Ungelöste so lange mit derselben Salzsäure auswäscht, bis das Filtrat durch Ferrocyankalium nicht mehr getrübt wird. Der Rückstand wird hierauf mit $^1/_2$ procentiger Salzsäure fein zerrieben, Natronlauge in mässigem Ueberschusse hinzugefügt, sofort filtrirt, das Filtrat mit Salzsäure und dem halben Volumen Alkohol gefällt. Der Niederschlag einige Tage unter absolutem Alkohol stehen gelassen, wird völlig unlöslich. Durch Waschen mit Wasser und dann mit Alkohol wird das Nucleïn völlig gereinigt.

Vorkommen.

Vorkommen: In den Kernen der Eiterkörperchen und in den gelben Dotterkugeln (Miescher), im rohen Käsestoff der Kuhmilch (Lubavin), in der Bierhefe (Hoppe-Seyler), in den Kernen der rothen Blutzellen von Vögeln und Amphibien (Plósz), im Sperma verschiedener Thiere (Miescher, Sertoli), in den Leberzellen (Plósz), im menschlichen Gehirn (v. Jaksch). Ob alle diese Angaben sich wirklich auf einen und denselben Körper beziehen, ist fraglich.

Keratin. Hornstoff.

Literatur: Berzelius: Lehrb. d. Chem. Bd. IX, 4. Aufl. S. 376. — Mulder: Vers. einer allgem. phys. Chemie. Bd. II, S. 542. — Schlossberger: Vers. einer allgem. vergleich. Thierchem. S. 265. 243. — Chevreul: Compt. rend. 1840. I. Ser. Nro. 16. — Scherer: Ann. d. Chem. u. Ph. XL, 54. — Grothe: Journ. f. prakt. Chem. LXXXIX, 420. — Fremy: Ann. d. Chem. XLIII, 69. — Märcker und E. Schulze: Journ. für prakt. Chem. Bd. CVIII, 193.

Zusammensetzung in 100 Theilen:

	Epithelium	Epidermis	Nägel	Horn	Haare	Schafwolle	Federn
Kohlenstoff	51·53	50·28	51·00	51·03	50·65	50·65	52·457
Wasserstoff	7·03	6·76	6·94	6·80	6·36	7·03	6·958
Stickstoff	16·24	17·21	17·51	16·24	17·14	17·71	17·719
Sauerstoff	22·32	25·01	21·75	22·51	20·85	24·61	22·866
Schwefel	2·48	0·74	2·80	3·42	5·00		

Keratin.

Chemisch rein ist das Keratin noch nicht dargestellt. Alle Gewebe, welche diese Grundsubstanz enthalten, sind ihrem grössten Theile nach unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether, durch Kochen mit Wasser werden sie zum Theil weich, geben aber keinen Leim. Werden einige davon unter einem Drucke von mehreren Atmosphären mit Wasser gekocht, so gehen sie in Lösung. In sehr concentrirter Essigsäure quellen sie gallertartig auf und lösen sich darin, mit Ausnahme der Haare. In Alkalien lösen sie sich leicht auf; die alkalische Lösung giebt mit Essigsäure versetzt, unter Entwickelung von Schwefelwasserstoff, einen Niederschlag. Horn entwickelt übrigens schon, mit Wasser gekocht, Schwefelwasserstoff. Salpetersäure färbt sie gelb. Schwefelsäure zersetzt diese Gewebe unter Bildung von Leucin und viel Tyrosin (3 bis 4 Proc).

Vorkommen.

Vorkommen. Das Keratin ist die Grundsubstanz des Horngewebes oder der *Tela cornea* der Histiologen, wozu Epithelium, Epidermis, Nägel, Hufe, Klauen, Horn, Wolle, Haare, Federn, Fischbein und Schildpatt gehören. In den ersten Stadien der Entwickelung scheinen sie alle aus kernhaltigen Zellen zu bestehen, welche später in kernlose Schüppchen oder Blättchen übergeben. Zellenmembran, Inhalt und Kern scheinen anfänglich chemisch different zu sein. Ueberhaupt ist es nach Allem kaum zu bezweifeln, dass das Keratin kein chemisches Individuum, sondern ein Gemenge unter einander ähnlicher Verbindungen ist.

Sonstige physiologische Beziehungen.

So wie alle zu den Albuminoiden gezählten Stoffe stammt auch das Keratin sicherlich von den Albuminstoffen ab; der chemische Vorgang bei dem Uebergange ist uns aber gänzlich unbekannt. Vergleicht man die Zusammensetzung des Keratins oder besser der gereinigten Horngewebe mit jener der Albuminstoffe, so ergiebt sich für erstere ein niedrigerer Kohlenstoff- und durchschnittlich ein höherer Stickstoff- und Schwefelgehalt.

Bezüglich des Austritts macht das Keratin von den Albuminstoffen und übrigen Albuminoiden eine bemerkenswerthe Ausnahme; ein Theil desselben verlässt nämlich den Organismus als solches in Folge der Abstossung der epithelialen und Horngebilde (Hautabschuppung, Häutung, Mauserung, Entfernung und Ausfallen der Haare, der Nägel, Klauen, Wolle, Abwerfen der Geweihe u. s. w.).

Physiologische Bedeutung.

Die physiologische Bedeutung des Keratins fällt natürlich mit jener des Horngewebes zusammen.

Conchiolin.

Conchiolin. An das Keratin schliesst sich eine von Fremy Conchiolin genannte Materie an, die den in Kalilauge unlöslichen Bestandtheil der Muschelschalen bildet. Diese Materie bildet beim Kochen mit Wasser auch unter starkem Drucke keinen Leim, ist überhaupt unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, Essigsäure, verdünnten Mineralsäuren und Kalilauge. Die Zusammensetzung stellt diese Substanz sehr nahe an das Horngewebe. Sie enthält nämlich in 100 Thl. etwa 50 Proc. Kohlenstoff, 6 Wasserstoff, 16 bis 16·7 Stickstoff und 38 Sauerstoff. (Auf einen etwaigen Schwefelgehalt wurde sie nicht untertucht).

Eine ähnliche Substanz, aber nur 12 bis 13 Proc. Stickstoff enthaltend, fand Schlossberger im Byssus der Acephalen.

Fibroin.

Literatur: Mulder: Vers. einer allgem. phys. Chem. Bd. I, S. 328. 333. — Schlossberger: Vers. einer allgem. vergl. Thierchem. S. 257. — Städeler: Ann. d. Ch. u. Ph. CXI, 14. — Cramer: Unters. der Seide und des thier. Schleims. Dissert. Zürich 1863; Journ. f. prakt. Chem. XCVI, S. 76. — Bolley: Journ. f. prakt. Chem. XCIII, 347. Chem. techn. Mittheilungen. — P. Schützenberger: Bullet. de la soc. chim. de Paris XXV, 146. 147. — Schützenberger und Bourgeois XXV, 1. Compt. rend. LXXXII, 262.

Fibroin.

Empirische Formel: $C_{15} H_{23} N_5 O_6$.

Weisse, glänzende, zerreibliche, geruch- und geschmacklose Masse, in Wasser, Alkohol, Aether, Essigsäure und Ammoniak unlöslich, in Alkalien, namentlich stärkeren Laugen, löslich, aus der alkalischen Lösung durch Wasser zum Theil wieder ausgeschieden. In concentrirter Salpetersäure, Schwefelsäure und Salzsäure ebenfalls löslich. Längere Zeit mit Luft und Wasser in Berührung, wird es im Wasser zum Theil löslich. Es ist eine Eigenthümlichkeit des Fibroins, dass es, aus seinen Lösungen gefällt, sich stets in Fasergestalt ausscheidet.

In schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak löst sich das Fibroin auf.

Mit Schwefelsäure gekocht liefert es neben Leucin viel Tyrosin (etwa 5 Proc.), am meisten von allen Eiweisskörpern und Albuminoiden; bei längerer Behandlung auch Glycin. Beim Erhitzen mit Aetzbaryt unter starkem Druck erhält man Tyrosin, Glycin, Alanin, Amidobuttersäure und eine ähnliche Säure minus 2 At. Wasserstoff, aber weder Asparaginsäure noch Glutaminsäure, dagegen Kohlensäure und Ammoniak und zwar auf 1 Mol. CO_2 2 Mol. NH_3.

Vorkommen. Das Fibroin ist der wesentlichste Bestandtheil der Seide und wurde ausserdem in den sogenannten Herbstfäden nachgewiesen. Als Bestandtheil höherer thierischer Organismen hat man es bisher noch nicht aufgefunden.

Seidenleim. Sericin. Kohlenstoff 44·32, Wasserstoff 6·18, Stickstoff 18·30, Sauerstoff 31·20 Proc. Emp. Formel: $C_{15}H_{25}N_5O_8$.

Seidenleim.

Wird erhalten, indem man Seide längere Zeit im Papin'schen Topfe mit Wasser auskocht, wobei der Seidenleim in Lösung geht. Leimähnliche, gelblich durchscheinende, in kaltem Wasser leicht lösliche Masse. Die essigsaure Lösung giebt mit Ferrocyankalium einen grünlichen Niederschlag. Die wässerige Lösung wird durch Alkohol, Gerbsäure, Bleiessig, salpetersaures Quecksilberoxydul, Zinnchlorid, Chlor und Brom gefällt.

Nach seiner Zusammensetzung liesse sich der Seidenleim als Fibroin betrachten, welches 1 At. O und ein Mol. H_2O aufgenommen hat: $C_{15}H_{23}N_5O_6 + O + H_2O = C_{15}H_{25}N_5O_8$ (Städeler, Cramer). Mit dieser Ansicht stimmen an der Seidensubstanz in dem Schlauche der Seidenwürmer von Bolley gemachte Beobachtungen überein.

Durch Schwefelsäure entsteht aus Seidenleim eine dem Alanin und Glycin ähnliche krystallisirbare Amidosäure, das Serin: $C_3H_7NO_3$, neben Leucin und Tyrosin.

Spongin. Mit diesem Namen hat man die Substanz des Badeschwamms bezeichnet, die man früher für identisch mit Fibroin hielt. Gegen diese Identität spricht aber die von Städeler beobachtete Thatsache, dass der gereinigte Badeschwamm, mit Schwefelsäure zersetzt, neben Leucin kein Tyrosin, sondern Glycin liefert, wodurch es sich den unten zu besprechenden leimgebenden Geweben anschliesst.

Spongin.

Substanz des elastischen Gewebes: Elastin.

Literatur: Mulder: Vers. einer allgem. phys. Chem. Bd. II, 592. — Schlossberger: Vers. einer allgem. und vergl. Thierchem. S. 126. — W. Müller: Zeitschr. f. rat. Med. 3. Aufl. Bd. X, Heft 2. — A. Hilger: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VI, S. 166.

Das durch Kochen mit Alkohol, Aether, Wasser, concentrirter Essigsäure und verdünnter Kalilauge, ferner durch successive Behandlung mit Wasser, nicht zu concentrirter Salzsäure und dann abermals mit Wasser gereinigte elastische Gewebe besitzt folgende Eigenschaften:

Elastin.

Spröde, gelbliche, deutlich faserige Masse, quillt in Wasser auf und wird dadurch vollkommen elastisch, ebenso in verdünntem Ammoniakliquor und Essigsäure. Vollkommen unlöslich in Wasser, selbst bei mehrtägigem Kochen, ebenso in Alkohol, Aether und Essigsäure. In concentrirter Kalilauge mit bräunlicher Färbung löslich; die Lösung nach Neutralisation mit Schwefelsäure eingedampft, gelatinirt nicht und wird durch Säuren, mit Ausnahme von Gerbsäure, nicht gefällt. Auf dem Platinbleche verbrennt es ohne Rückstand. Das gereinigte elastische Gewebe ist schwefelfrei.

Mit Schwefelsäure gekocht liefert es Leucin.

Das elastische Gewebe gab bei der Analyse folgende procentische Zusammensetzung:

	Tilanus		W. Müller			
Kohlenstoff	54·90	55·65	55·47	55·72	55·55	55·09
Wasserstoff	7·25	7·41	7·54	7·67	7·11	7·33
Stickstoff	17·52	17·74	16·09	15·71	16·52	16·43
Sauerstoff	20·33	19·20	20·90	20·70	20·82	21·15

(aus dem Nackenband dargestellt).

Vorkommen.

Vorkommen. Das Elastin ist die Grundsubstanz des sogenannten elastischen Gewebes, welches aber die neuere Histiologie als kein eigenthümliches Gewebe, sondern als einen integrirenden Bestandtheil gewisser Bindegewebsformen auffasst. Als Bestandtheil der Schale und der Dottermasse der Eier der Ringelnatter fand Hilger einen nach seiner elementaren Zusammensetzung und nach seinen Eigenschaften mit dem Elastin übereinstimmenden Körper, welcher sich von dem Elastin nur durch auffallende Resistenz gegen selbst concentrirte Kalilauge, worin er sich auch nach monatelanger Einwirkung nicht löste, unterschied.

Sonstige physiologische Bedeutung.

Vergleicht man die Zusammensetzung der Grundsubstanz des elastischen Gewebes mit jener der Eiweissstoffe, so fällt mit Ausnahme des hier fehlenden Schwefels die grosse Uebereinstimmung in die Augen Jedenfalls setzt daher der Uebergang der Albuminstoffe in elastisches Gewebe eine sehr wenig eingreifende chemische Veränderung voraus.

Collagen und Glutin.

Literatur: Mulder: Vers. einer allg. phys. Chem. Bd. I, S. 330. — Schlossberger: Vers. einer allgem. und vergl. Thierchem. S. 21 u. f. — Scherer: Ann. d. Ch. u. Ph. XL, 46. — Derselbe: Verh. d. med. phys. Gesellch. zu Würzb. Bd. VII, S. 123. — John Maisch: Americ. Journ. of Pharm. 1871 und Buchner's neues Repert. f. Pharm. 1871. 232. — Hoppe-Seyler: Med. chem. Untersuch. IV, S. 586. 1871. 232. — Gorup-Besanez: Sitzungsber. der med. phys. Soc. z. Erlangen 5. Heft, S. 46. — Froriep, Arch. f. Physiol. V, 320. — A. Münz: Compt. rend. 76. 1024. — Schützenberger und Bourgeois: Bullet. de la soc. chim. de Paris XXV, 1. 146. Compt. rend. LXXXII, 262. — L. Morochowetz: Verhandl. d. naturh. med. Vereins zu Heidelberg Bd. I, Heft 5.

Collagen und Glutin.

Die als Grundsubstanz Collagen enthaltenden, d. h. leimgebenden Gewebe charakterisiren sich chemisch vor Allem dadurch, dass sie beim

Kochen mit Wasser sich auflösen, indem sie sich dabei in sogenannten Knochenleim (Glutin) verwandeln. Die Auflösungen des Glutins verhalten sich wie folgt:

Alkohol schlägt aus wässerigen Lösungen das Glutin faserig-flockig nieder, dieser Niederschlag löst sich jedoch in Wasser wieder auf; — Säuren fällen Glutinlösungen nicht, mit Ausnahme der Gerbsäure, welche auch in sehr verdünnten Lösungen noch starke Fällung bewirkt; — Chlorwasser erzeugt einen weisslich-flockigen Niederschlag, ebenso bewirken Sublimat und Platinchlorid Niederschläge. — Nicht gefällt werden Glutinlösungen durch Alaun, Silber-, Quecksilber-, Kupfer- und Bleisalze, sowie durch Ferrocyan- und Feridcyankalium.

Glutinlösungen zeigen starke Ablenkung des polarisirten Lichtes nach links. Bei + 30° beträgt die specif. Drehung einer wässerigen Glutinlösung etwa — 130°.

Das Glutin ist in reinem Zustande eine amorphe, glasartig durchsichtige, schwachgelbliche, spröde, geruch- und geschmacklose Substanz, die in kaltem Wasser aufquillt, ohne sich eigentlich zu lösen, in kochendem jedoch sich zu einer schleimigen Flüssigkeit löst, die beim Erkalten zu einer Gallerte erstarrt. Auch bei sehr bedeutender Verdünnung bildet sich noch die Gallerte. In Alkohol und Aether ist das Glutin unlöslich, löslich dagegen in grossen Mengen Glycerin in der Wärme; beim Erkalten erstarrt auch diese Lösung zur Gallerte (John Maisch).

An der Luft geht der Knochenleim leichter und rascher in Fäulniss über, als irgend eine andere thierische Substanz; beim Erhitzen bläht er sich auf, riecht nach verbranntem Horn und hinterlässt eine Calciumphosphat haltende Asche.

Mit oxydirenden Agentien behandelt, liefert er dieselben Zersetzungsproducte wie die Albuminstoffe, mit Schwefelsäure und mit Alkalien dagegen Leucin und Glycin. Barythydrat unter starkem Drucke liefert Glycin, Alanin, Butalanin und Spuren von Glutaminsäure.

Vorkommen. Unter Collagen versteht man, wie bereits oben erwähnt wurde, die Grundsubstanz derjenigen Gewebe, welche beim Kochen mit Wasser sich in Leim und zwar in diejenige Modification desselben verwandeln, die wir Knochenleim oder Glutin nennen. Zu diesen Geweben zählen aber: das Bindegewebe mit Einschluss jenes der Cornea mit Ausschluss der elastischen Fasern, die knorplige Grundlage der Knochen und die verknöchernden Knorpel, die faserigen Zwischengelenksknorpel, ausserdem bei Thieren Hirschhorn, Hausenblase, Fischschuppen. Hoppe-Seyler erhielt aus dem frischen Fleische von Octopus- und Sepiola-Arten durch Kochen mit Wasser Glutin, während früher leimgebendes Bindegewebe bei *Avertebraten* nicht aufgefunden war.

Vorkommen.

Ueber das Wie der Leimbildung aus diesen Geweben ist man noch keineswegs im Klaren. Nur eines ist sicher, dass die elementare Zusammensetzung der leimgebenden gereinigten Gewebe von jener des Leimes, den sie beim Kochen liefern, nicht verschieden ist, wie sich aus nachfolgenden Zusammenstellungen ergiebt:

	Hausen-blase	Leim daraus	Sehnen	Leim daraus	Knochen-knorpel	Leim aus foss. Knochen
Kohlenstoff	50·5	50·7	50·9	50·2	50·4	50·4
Wasserstoff	6·9	6·6	7·2	6·7	7·1	7·1
Stickstoff	18·8	18·3	18·3	17·9	18·2	18·1
Sauerstoff, Schwefel	23·7	24·3	23·5	25·0	24·2	24·3

Der Schwefelgehalt des Glutins wurde zu 0·56 Proc. gefunden.

Diese Uebereinstimmung in der Zusammensetzung des Leims und der leimgebenden Gewebe hat zu zwei Ansichten geführt: nach einer derselben würde die Leimbildung trotz der gleichen Zusammensetzung auf einer chemisch-physikalischen Metamorphose des Gewebes beruhen, sei es nun, dass dieselbe in einem geänderten Verhältnisse der damit verbundenen Mineralstoffe, oder sei es, dass sie in molekularen Umlagerungen bestände; nach der anderen allerdings schwächer vertretenen Ansicht wäre das Glutin in den glutingebenden Geweben bereits fertig gebildet, aber in eigenthümlicher, durch die Organisation bedingter Aggregatform und vielleicht in verdichteter Form enthalten.

Welche dieser beiden Ansichten und ob überhaupt eine derselben die richtige ist, muss vorläufig unentschieden bleiben.

Ein von Scherer in leukämischem Blute aufgefundener, später auch von anderen Beobachtern (Körner, Salkowski, Reichardt) darin nachgewiesener, in den meisten Reactionen mit dem Glutin übereinstimmender, von Scherer geradezu als Glutin bezeichneter Körper ist dem Glutin zwar nahe verwandt, aber nach meinen Erfahrungen damit nicht identisch, da seine Lösungen optisch inactiv sind, und wie auch Salkowski gefunden, durch Bleiessig und Blutlaugensalz gefällt werden. Es dürfte zweckmässig sein, ihn als Pseudoglutin zu bezeichnen.

Ueber die Verwandlungen der leimgebenden Gewebe im lebenden Organismus weiss man ebenso wenig Positives, wie über ihre Abstammung. Betrachtet man es als eines besonderen Beweises nicht bedürfend, dass die leimgebenden Gewebe aus den Eiweissstoffen entstehen, so muss sich dabei Kohlenstoff von letzteren in irgend einer Atomgruppe abspalten.

Die physiologische Bedeutung des Collagens ist natürlich die der leimgebenden Gewebe selbst, und die Erörterung derselben fällt da-

her insofern es sich hier um keine chemischen Verhältnisse handelt, der Physiologie anheim.

Der in kochendem Wasser unlösliche Theil des Bindegewebes ist löslich in Ammoniak bei Gegenwart von Metalloxyden. Er soll die Zusammensetzung der Eiweisskörper besitzen (N 14·48 bis 14·31?) und bei Behandlung mit Schwefelsäure Glycin liefern (A. Münz).

Chondrigen und Chondrin.

Literatur: Mulder l. c. Bd. I, S. 330. Schlossberger l. c. S. 30. De Bary, Phys. chem. Unters. über Eiweisskörper u. Leimstoffe. Dissert. Tübingen 1864. — G. Fischer u. C. Bödeker: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXVII, 111. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. VII, S. 127. — G. Meissner: Zeitschr. f. rat. med. Bd. XIV. — Ch. Gerhardt: Traité de chim. org. T. IV, p. 509. — M. Schulze: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. LXXI, S. 275. — Derselbe: Journ. f. prakt. Chem. Bd. LXXXIII, S. 162. — Friedleben: Zeitschr f. wissensch. Zoologie Bd. X, S. 20. — Fr. Rochleder: Sitzungsber. der Wiener Akad. Bd. XXX, S. 166; Journ. f. prakt. Chem. Bd. LXXIV, S. 406. — Hoppe-Seyler: Handb. d. physiol. u. path. chem. Anal. 3. Aufl. S. 168. — Moleschott u. Fubini: Unters. z. Naturl. XI, 104. — Hilger: Journ. f. prakt. Chem. CII, 418. — Derselbe: Arch. f. Physiol. III, 166. — Schäfer: Ann. d. Chem. und Pharm. CLX, 130. — Otto: Zeitschr. f. Chem. 1868. 629. — Fubini: Moleschott's Unters. XI, 350. — P. Schützenberger: Compt. rend. LXXI, 1108. — Schützenberger u. Bourgeois: Compt. rend. LXXXII, 262. — v. Mering: Ein Beitrag zur Chemie des Knorpels. Dissert. Köln. 1873.

Chondrigen und Chondrin.

Gewisse leimgebende Gewebe geben beim Kochen mit Wasser einen Leim, der sich in einigen Reactionen von dem Glutin oder Knochenleim nicht unwesentlich unterscheidet; man hat diesen Leim Chondrin oder Knorpelleim, und die Grundsubstanz der Gewebe, welche ihn liefern, Chondrigen genannt.

In Bezug auf die organoleptischen und physikalischen Charaktere, sowie auf die Eigenschaft, beim Erkalten der concentrirten warmen Lösung zu gelatiniren, unterscheidet sich das Chondrin vom Glutin wenig oder nicht, wohl aber durch das Verhalten seiner wässerigen Lösung gegen Reagentien.

Concentrirte Essigsäure erzeugt starken im Ueberschuss des Fällungsmittels unlöslichen, in gelbem und rothem Blutlaugensalz löslichen Niederschlag; der durch Essigsäure erzeugte Niederschlag löst sich in einem Gemisch von gleichen Theilen Eisessig und Wasser in der Siedehitze langsam auf. Beim Kochen mit verdünnter Essigsäure wird er unter Auftreten eines Kupferoxyd reducirenden Körpers zersetzt. Salzsäure und verdünnte Schwefelsäure bewirken ebenfalls Fällungen, die aber im geringsten Ueberschuss der Säuren löslich sind. Ebenso bewirken Alaun, Blei-, Eisen-, Silber-, Kupfersalze und Quecksilberoxydulsalze starke Fällungen, Quecksilberchlorid dagegen nur Trübung.

Auch Chondrinlösungen lenken den polarisirten Lichtstrahl stark nach links ab und zwar beträgt die specifische Drehung für gelbes Licht — 213·5°.

Beim Kochen mit Schwefelsäure und mit Barythydrat liefert das Chondrin nur Leucin, aber kein Glycin (Hoppe-Seyler, Otto). Beim Kochen mit Salzsäure liefert es unter anderen stickstoffhaltigen Zersetzungsproducten eine der Melitose ähnliche linksdrehende, schwierig krystallisirbare, nur langsam in Gährung zu versetzende Zuckerart: Chondroglykose (Bödeker, de Bary). Dieselbe Spaltung erleidet das Chondrin durch Einwirkung des Magensaftes bei Blutwärme (Meissner), und wahrscheinlich auch beim Kochen mit verdünnter Essigsäure (Moleschott und Fubini). Bei der Behandlung mit Barythydrat giebt Chondrin fast gar kein Glycin, wohl aber kohlenstoffreichere Amidosäuren.

Vorkommen.

Vorkommen. Zu den beim Kochen Chondrin gebenden Geweben zählen die permanenten Knorpel, die Knochenknorpel vor der Ossification und gewisse pathologisch veränderte Knochen (Enchondroma). Eine im Gewebe der Cornea gefundene, als Chondrin bezeichnete Substanz, wird, wie die gleiche in anderen Bindegewebsarten enthaltene, neuerlich für Mucin(?) gehalten (Morochowetz). Ausserdem hat Hilger chondrigene Substanz in der Schale und einigen Weichtheilen von *Brachiopoden* und in grösserer Menge in der Haut von *Holothurien*, Schäfer im Mantel der *Tunicaten* nachgewiesen. So wie beim Glutin fragt es sich auch beim Chondrin, ob dasselbe erst aus dem Chondrigen durch das Kochen mit Wasser entsteht, oder ob es in den Geweben bereits fertig gebildet, aber organisirt enthalten ist. Auch die Zusammensetzung des Chondrins ist von jener der Chondrin liefernden Gewebe nicht verschieden, wie folgende Zusammenstellungen deutlich machen:

	Rippenknorpel	Cornea	Chondrin
Kohlenstoff	50·9	49·5	49·9
Wasserstoff	6·9	7·1	6·6
Stickstoff	14·9	14·4	14·5
Sauerstoff und Schwefel	27·2	28·9	29·0

Der Schwefelgehalt des Chondrins beträgt nach den angestellten Beobachtungen etwa 0·4 Proc.

Vergleicht man die Zusammensetzung des Chondrins mit der des Glutins, so ergiebt sich für letzteres durchschnittlich ein etwas höherer Kohlenstoff- und ein um etwa 3 Proc. höherer Stickstoffgehalt.

Sonstige physiologische Beziehungen.

Von der Abstammung des Chondrins und seinen Verwandlungen im Organismus wissen wir ebenso wenig Positives, wie vom Collagen und Glutin. Die Versuche, Albuminstoffe in Chondrin oder Glutin und letztere beide Stoffe in einander zu verwandeln, haben entweder ein negatives Resultat gegeben, oder es war ihr Erfolg kein entscheidender. So hat man angegeben, dass Albumin durch Kochen mit Salzsäure bei Ausschluss der Luft sich in eine mit Chondrin in allen Eigenschaften übereinstimmende Substanz verwandle (Rochleder); allein die Elementaranalyse dieser Substanz ergab im Mittel an 2 Proc. mehr Kohlenstoff

und um ebenso viel mehr Stickstoff, ja nahezu um 1 Proc. mehr Wasserstoff. Nach diesen Zahlenergebnissen die fragliche Substanz für Chondrin zu erklären, ist bei dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft nicht mehr gerechtfertigt. Dass durch Kochen chondrigener Knorpeln mit Kali das Chondrin in Glutin übergehe, wie M. Schulze und später Friedleben gefunden zu haben glaubten, ist von ersterem selbst zurückgenommen, insoferne das erhaltene Product zwar dem Glutin ähnlich gelatinirte, aber sonst noch die Reactionen des Chondrins zeigte.

Die physiologische Bedeutung des Chondrigens ist die der betreffenden Gewebe.

Peptone.

Literatur: Mialhe u. Dollfus: Compt. rend. XXXIV, 745. — Mialhe: Journ. de Pharm. et de Chim. (S. 3.) X, 161. — Lehmann: Handb. der physiol. Chem. 2te Aufl. 188. — G. Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. (3. R.) VII, 1. VIII, 208. — W. Marcet: Chem. soc. quart. journ. XV, 256. — L. Corvisart: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXXV, 126. — Kühne: Arch. f. path. Anat. XXXIX, 1867. — Thiry: Zeitschr. f. rat. Med. N. F. XIV, 78. — Hoppe-Seyler: Chem. Centralbl. 1864. S. 791. — Lubavin: Med. chem. Untersuch. v. Hoppe-Seyler, Heft 4. 463. — Möhlenfeld: Arch. f. Physiol. V, 381. — Diakonow: Med. chem. Untersuch. v. Hoppe-Seyler, Heft 2. 241. — Voit u. Bauer: Zeitschr. f. Biol. V, 536. — Fick: Arch. f. Physiol. V, 40. — Brücke: Sitzungsber. d. Wiener Akad. der Wissensch. 1869. LIX. April. — Funke: Lehrb. d. Physiol. 1te Aufl. Bd. I, 235. — Kistiakowsky: Arch. f. Physiol. IX, 438. — Plósz: ebenda IX, 323. — R. Maly: ebenda IX, 585. — Plósz u. Gyergyai: ebenda X, S. 536. — Kossel: ebenda XIII, 309. — Adamkiewicz: Die Natur und der Nährwerth der Peptone. Berlin 1877. — Derselbe: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. VIII, 161. — W. O. Leube: Deutsch. Arch. f. klin. Med. VII, 1. — Derselbe: Berl. klin. Wochenschr. 1873. — v. Gorup-Besanez: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. VII, 1478. VIII, 1510. — v. Gorup-Besanez u. H. Will: ebenda IX, 673. — Gerhardt: Prag. Vierteljahrschr. CX, 49. — Schultzen u. Riess: Zeitschr. f. anal. Chem. X, 379. — Senator: Arch. f. path. Anat. 1874.

Begriff.

Durch die Verdauungsfermente des Magens und der Bauchspeicheldrüse werden die Eiweisskörper in eine Modification verwandelt, welche man als Peptone bezeichnet. Indem wir uns das Nähere über den Vorgang der Verdauung und ihre Bedingungen vorbehalten, genügt es hier zu constatiren, dass durch die Verdauungsfermente, unter Mitwirkung geringer Mengen Salzsäure, oder auch wohl ohne diese, coagulirte Eiweisskörper, wie Fibrin, geronnenes Albumin etc. bei Körperwärme gelöst, zugleich aber derart verändert worden, dass sie gewisse den Lösungen genuiner Eiweisskörper gemeinsam zukommende Charaktere nicht mehr besitzen. Der Process verläuft endlich in der Art, dass im Beginne der Einwirkung in der Lösung neben den Peptonen noch

unveränderte Eiweisskörper, gegen das Ende derselben solche zwar nicht mehr, wohl aber Spaltungsproducte der Peptone selbst enthalten sind.

In diesem Umstande ist es begründet, dass über die Natur und die Eigenschaften der Peptone bis auf die jüngste Zeit die Ansichten der Physiologen sehr auseinander gingen. Indem man den Peptonen das einemal Eigenschaften zuschrieb, die den noch vorhandenen unveränderten Eiweisskörpern zukamen, erklärte man anderseits die Peptone einfach als Gemenge gewöhnlicher Zersetzungsproducte der Eiweisskörper (Leucin, Tyrosin u. a. Huppert).

Hierin finden die Widersprüche nicht nur allein über die Eigenschaften, sondern auch über die physiologische Bedeutung der Peptone ihre Erklärung, hierin liegt aber auch die Schwierigkeit der Entscheidung der Frage: was ist reines Pepton, und in welcher Beziehung steht es zu den Eiweisskörpern, aus welchen es entstanden. In Nachstehendem folgen wir den in der neuesten Arbeit über die Peptone von Adamkiewicz gemachten Angaben, die, wenngleich der Controle noch entbehrend, das Verdienst, mehr Klarheit in die verwickelte Peptonfrage gebracht zu haben, wohl beanspruchen dürfen. Als für die „reinen“ Peptone charakteristisch, betrachtet Adamkiewicz folgende Eigenschaften.

Eigenschaften.

Trockene, spröde, gelbliche, durchscheinende, glasige Massen, welche sich leicht zu einem feinen, etwas klebrigen Pulver (ähnlich dem Colophonium) zerreiben lassen. Die Peptone lösen sich in kaltem, leichter in warmem Wasser und sind unlöslich in Alkohol und Aether. Die wässerigen Lösungen reagiren vollkommen neutral, werden nicht gefällt durch Veränderung der Reaction und sind nicht gerinnbar bei schwach saurer Reaction in der Wärme. Durch absoluten Alkohol dagegen werden sie gefällt. Der Niederschlag ist flockig, weiss, und gefälltem Caseïn sehr ähnlich. Wird derselbe noch feucht auf 80 bis 90^0 langsam erwärmt, so wird er wieder glasig durchscheinend und verflüssigt sich zu einem klaren gelblichen, dicklichen Liquidum, welches beim Abkühlen wieder trüb wird und erstarrt. Diese Eigenschaft besitzt der Niederschlag so lange, als er noch geringe Mengen Wasser einschliesst. Die Peptonlösungen mit ein paar Tropfen Kalilauge, und hierauf vorsichtig mit einer höchst verdünnten Kupfersulfatlösung tropfenweise versetzt, färben sich schön rosaroth, durch einen Ueberschuss von Kupfersulfat geht die Farbe in Blau über (Biuretreaction). In einem Ueberschusse von Eisessig gelöst, nehmen die Peptone bei Zusatz von concentrirter Schwefelsäure eine schön violettblaue Färbung mit grüner Fluorescenz an. Die so gefärbten Lösungen zeigen spectroskopisch untersucht einen charakteristischen Absorptionsstreifen zwischen *b* und *F*. Peptonlösungen haben endlich ein sehr beträchtliches osmotisches Aequivalent. Sie diffundiren nämlich durch Colloidscheidewände (vegetabilisches Pergament, thierische Mem-

branen) sehr rasch, während unveränderte Eiweisskörper durch vegetabilisches Pergament gar nicht, und durch thierische Membranen viel langsamer und spärlicher diffundiren (Funke).

Frühere Angaben über die Nichtfällbarkeit der Peptone aus ihren Lösungen durch die gewöhnlichen Fällungsmittel des Albumins: Salpetersäure, Essigsäure und Blutlaugensalz, Essigsäure und Kochsalz etc. hält Adamkiewicz theilweise für unrichtig, theilweise für unsicher; über andere, wie ihr Verhalten zum Millon'schen Reagens, worüber auch die älteren Angaben auseinander gehen, sowie über ihr optisches Verhalten: nach Hoppe-Seyler zeigen ihre Lösungen starke linksseitige Polarisation, die durch Erhitzen ihrer neutralen wässerigen Lösung nicht geändert wird, spricht sich Adamkiewicz nicht aus.

Darstellung.

Adamkiewicz stellte sein Pepton in nachstehender Weise dar: Sorgfältig gereinigtes ganz weisses Blutfibrin wurde durch Uebergiessen mit Salzsäure von 0·2 Proc. Säuregehalt zur Gallerte aufgequollen, mit Glycerin-Pepsinlösung (vgl. weiter unten unter Magensaft) übergossen und auf 50 bis 60° so lange erwärmt, bis die ganze Masse in eine wasserdünne, graue, opalisirende Flüssigkeit, in der nur mehrere einzelne Fibrinklumpen schwammen, verwandelt war. Die so erhaltene Verdauungsflüssigkeit wurde colirt, genau mit Natriumcarbonat neutralisirt, und nachdem sich der dabei entstehende Niederschlag abgesetzt hatte und die überstehende Flüssigkeit klar geworden war, filtrirt, und durch Kochen über freier Flamme nach äusserst schwacher Ansäuerung von in der Wärme gerinnbaren Eiweisskörpern befreit. Die von dem Ausgeschiedenen durch das Filter getrennte Lösung wurde sodann durch überschüssigen absoluten Alkohol ausgefällt, die Fällung auf einem Filter gesammelt, mit Aether extrahirt, sodann mit einem Gemisch von absolutem Alkohol und Aether übergossen, mehrere Tage sich selbst überlassen. Durch Auflösen in Wasser, abermaliges Fällen mit Alkohol und vorsichtiges Trocknen bei höchstens 30° C. wurde es dann vollends gereinigt.

C. G. Lehmann, der erste, der die Verdauungsproducte der Eiweisskörper einem näheren Studium unterwarf, gab an, dass die procentische Elementarzusammensetzung der Peptone dieselbe sei, wie jene der Eiweisskörper, aus welchen sie entstanden sind. Dies wurde später von Kühne und Thiry, neuerlichst aber von R. Maly und Adamkiewicz, noch bestimmter aber von R. Herth bestätigt gefunden. Diesen positiven Ergebnissen gegenüber verlieren gegentheilige Angaben von Möhlenfeld und Kistiakowsky, denen zufolge die Peptone bis zu 10 Proc. Kohlenstoff weniger enthalten würden, wie die Eiweisskörper (42·7 bis 47·7 Proc.), ihren Werth um so mehr, als ihre Methoden der Darstellung der Peptone die abweichenden Resultate unzweifelhaft beeinflusst hatten (R. Maly, Kossel). Berücksichtigt man, dass die Peptone für uns immer noch Körper sind, für deren chemische Reinheit wir kein sicheres Kennzeichen besitzen, so durften wir auf die von R. Maly gefundenen äusserst geringen Differenzen im Kohlenstoffgehalte: Maly fand für Fibrin 52·51 Proc., für das daraus gewonnene Pepton 51·40 Proc. Kohlenstoff, kaum irgendwelchen Werth legen, um so weniger als die

Zahlen für die übrigen Elemente scharf stimmten. Dasselbe gilt für die früheren Analysen von W. Kühne und Thiry. R. Herth[1]) hat aber bei der Analyse sorgfältig gereinigten Peptons aus Eieralbumin Zahlen erhalten, welche vollkommen in die Grenzen der Zusammensetzung des Eieralbumins fallen. Nach Adamkiewicz unterscheiden sich die Peptone von den Eiweisskörpern durch einen bedeutend geringeren Aschengehalt. Da aber derselbe nicht den Aschengehalt seines Fibrins, mit jenem des daraus dargestellten Peptons verglich, sondern jenen des letzteren mit dem Aschengehalt des Fibrins, wie derselbe von C. G. Lehmann und Mulder gefunden wurde, ausserdem aber die Asche von käuflichem Eier- und Serumalbumin bestimmte, so ist der Werth dieser Angaben ein beschränkter, und der darauf gebaute Schluss, dass die Unfähigkeit der Peptone in der Wärme zu gerinnen, um deswillen nicht als ein Zeichen einer tiefergreifenden Veränderung der Eiweisskörper bei ihrem Uebergang in Peptone angesehen werden könne, weil Al. Schmidt u. A. zeigten, dass durch Dialyse salzarm gewordenes Eiweiss ebenfalls seine Gerinnungsfähigkeit einbüsse, als zwingend nicht zu erachten. Sei aber dem, wie ihm wolle, so stehen nach Allem, was wir wissen, die Eiweisskörper den Peptonen jedenfalls noch sehr nahe und sind die Unterschiede vorwiegend physikalische.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Nachdem man gefunden hatte, dass die Peptone im Gegensatze zu den Eiweisskörpern ein sehr bedeutendes osmotisches Aequivalent besitzen, und bei schwach saurer, wie schwach alkalischer Reaction in Lösung bleiben, war ihre physiologische Bedeutung nahe genug gelegt. Nach ihren Eigenschaften konnten unveränderte Eiweissstoffe wenngleich in Lösung, wegen ihres geringen Diffusionsvermögens nicht resorbirt und daher auch nicht assimilirt werden, und wären sie auch resorbirbar, so würden sie durch die Beimischung der Galle, des Darmsaftes zum Theil wieder gefällt werden müssen. Durch die Umwandlung in Peptone jedoch erlangen die Eiweisskörper die Fähigkeit resorbirt zu werden. Da man aber die Peptone gewissermaassen schon als Zersetzungsproducte der Eiweisskörper ansehend, sich nicht denken mochte, dass sie noch den Eiweisskörpern gleichwerthig, und als solche zum Wiederaufbau der Gewebe geeignet seien, kam man zu der den Oekonomiegesetzen der Natur wenig entsprechenden Annahme, dass sie jenseits des Magens und Darmes im Blute oder irgendwo wieder in Eiweisskörper zurückverwandelt würden. Diese Annahme hatte an und für sich wenig Zusagendes und wurden gegen sie, sowie auch gegen den physiologischen Werth der Peptone überhaupt mehr oder weniger gewichtige Einwendungen gemacht (Brücke, Voit, Diakonow). Als endlich auf Grund der Angaben von Möhlenfeld und Huppert der Begriff der Peptone immer schwankender wurde, ge-

[1]) Briefl. Mittheilung von R. Maly.

langte die Mehrzahl der Physiologen allmählich dahin, sie einfach als Zersetzungsproducte der Eiweisskörper zu betrachten, unfähig, sich wieder zu Eiweissstoffen zu regeneriren und dazu bestimmt, der regressiven Stoffmetamorphose zu verfallen. Letztere Ansicht erhielt eine besondere Stütze durch Versuche von Fick und Goldstein, welche ergaben, dass bei Thieren Injection von Peptonen ins Blut schon nach 4 bis 5 Stunden Vermehrung der Harnstoffausscheidung zur Folge hatte, sowie dass nach Injection von Peptonlösung in das Blut und nachherige Nierenexstirpation der Gehalt des Blutes und der Leber an stickstoffhaltigen Producten der regressiven Stoffmetamorphose auffallend vermehrt erschien.

Gegenwärtig aber ist dieser negative Standpunkt nicht länger mehr aufrecht zu erhalten. Plósz, R. Maly, Plósz und Gyergyai, endlich Adamkiewicz haben durch Fütterungsversuche an Thieren angestellt, denen die erforderlichen stickstofffreien und anorganischen Nahrungsbestandtheile, statt der Eiweisskörper aber Peptone gereicht wurden, constatirt, dass bei einer derartigen Ernährung Gewichtszunahme und wirklicher Gewebsansatz stattfand. Adamkiewicz, welcher bei seinen Versuchen die Einnahme und die Ausgabe der Elemente der Nahrung des Versuchsthiers mit einander verglich und die Ergebnisse dieses Vergleichs durch das Körpergewicht controlirte, stellte nicht nur dies fest, sondern constatirte durch Parallelfütterungen mit reinem Eiweiss, dass die Peptone die Eiweisskörper in ihrer Nährfähigkeit nicht nur erreichen, sondern sogar übertreffen. Rechnen wir dazu die günstigen klinischen Erfahrungen W. Leube's über die Wirkungen peptonisirter Fleischnahrung auf die Ernährung von Magenkranken, so müssen wir annehmen, dass die Peptone für die Ernährung wichtige, noch organisationsfähige Verdauungsproducte sind, nicht dazu bestimmt, sofort der regressiven Stoffmetamorphose zu verfallen.

Dass die Peptone nicht als solche zum Aufbau der Gewebe dienen können, hat man einerseits daraus erschlossen, dass man sie bereits für Spaltungsproducte der Eiweisskörper hielt, und andererseits daraus, weil man sie im Blute etc. nicht aufzufinden vermochte. Der erste dieser Gründe wird durch die neueren Erfahrungen, welche zeigen, dass die Peptone den Eiweisskörpern mindestens so nahe stehen, wie das Dextrin der Stärke, hinfällig, wobei man ganz davon absehen kann, dass man den Begriff der Synthese als einen das Pflanzenleben ausschliesslich charakterisirenden ebenso wenig betrachten kann, wie jenen der Analyse als einen den Stoffwechsel des Thieres erschöpfenden. Was den zweiten Grund anlangt, so ist darauf hinzuweisen, dass Peptone neben Eiweisskörpern chemisch nachzuweisen, empfindliche Reactionen der ersteren voraussetzen würde, die uns durchaus fehlen. Aus seinen Nährwerthsversuchen schliesst Adamkiewicz, dass das Pepton trotz seiner grösseren Zersetzbarkeit im Organismus sich gleichwohl weniger zersetze, wie

Eiweiss und sieht darin einen Beweis, dass das genossene Eiweiss nicht als solches in die Säfte eintrete und zur Gewebsbidung diene, sondern der Hauptmasse nach als Pepton. In den letzteren sieht er den allgemeinen Bildungsurstoff der Gewebe.

Wie ich gezeigt habe, verwandeln sich thierische wie pflanzliche Eiweisskörper durch gewisse pflanzliche (in den Wicken-, den Gerstenkeimlingen, der Nepenthesflüssigkeit enthaltene) Fermente, besonders rasch unter Mitwirkung von Säuren in Lösungen, welche alle charakteristischen chemischen Reactionen der Peptone zeigen. Ob sie mit den Magenverdauungspeptonen identisch sind, müssen weitere Versuche lehren. Dasselbe gilt von den Producten, welche man durch Erhitzen von Eiweisskörpern mit Wasser auf 120 bis 200° in zugeschmolzenen Röhren, bei längerem Kochen derselben mit höchst verdünnter (0·2 proc.) Salzsäure (Lubavin), und bei der Behandlung derselben mit verdünnter Schwefelsäure in der ersten Periode der Einwirkung erhält (P. Schützenberger). Peptonähnliche Körper wurden von Gerhardt, später von Schultzen und Riess und von Senator im Harne bei verschiedenen Krankheiten, namentlich bei acuter Phosphorvergiftung aufgefunden.

Hämoglobin.

Literatur: B. Reichert: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1852. 71. — C. Funke: De sanguine ven. lien. Dissert. Lipsiae 1851. — F. Kunde: Zeitschr. f. rat. Med. N. F. II, 271. — Parkes: Med. Times 1852. V, 103. — C. G. Lehmann: Ber. der k. sächs. Gesellsch. der Wissensch. 1852. 23. 78; 1853. 78. 101. Lehrb. der physiol. Chem. 2te Aufl. I, 364. II, 152. 163. Handb. der physiol. Chem. 2te Aufl. 182. — Brücke: Wiener akad. Sitzungsbericht XI, 1070. XIII, 485. — A. Rollet: Wiener akad. Sitzungsber. XLIII, 223. XLIV, 615, XLVI, 65. XLVII, 356. L, 25. LII, 246. Wiener med. Wochenschrift 1862. Nro. 29. — Wittich: Journ. f. prakt. Chem. LXI, 11; Königsberger med. Jahrb. III, 332. — Bursy: Krystallisation des Blutes. Dorpat 1863. — Böttcher (C. Schmidt): Ueber Blutkrystalle. Dissert. Dorpat 1862; Arch. f. pathol. Anat. XXVII, 405. XXXII, 126. 372. — W. Kühne: Med. Centralbl. 1863. Nr. 53; Arch. f. path. Anat. XXXIV, 412. — Starkow: Arch. f. path. Anat. LII, 464. — Hoppe-Seyler: Med. Centralbl. 1863, 433; 1864, 817. 834; 1865, 52. 56. Arch. f. path. Anat. XXIII, 446. XXIX, 233. 597. — Derselbe: Handb. der physiol. u. path. chem. Anal. 3te Aufl. 1870. — Med. chem. Untersuch. I, 151. II, 169. 293. III, 366. IV, 523, 540. — Stokes: Phil. Mag. 1864. Nov. 391. — Preyer: Die Blutkrystalle. Jena 1871. (Enthält sehr vollständige Literaturangaben bis zum Jahre 1871.) — Derselbe: Med. Centralbl. 1871. Nr. 4 und Nr. 10. — L. Hermann: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1865. 469. — Bistrow u. Liebreich: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. 1868. 220. — Dybkowsky: Tüb. Med.-chem. Untersuch. III, 117. — Strassburg: Arch. f. Physiol. IV, 454. — Binz: Berl. klin. Wochenschr. 1871. 556. — Schulte: Ueber den Einfluss des Chinin auf einen Oxydationsprocess im Blute. Dissert. Bonn 1870. — Ransonné: Ueber einige Beziehungen des Chinin zum Blute. Dissert. Bonn 1871. — M. Müller: Ueber Hämoglobin und Chinin. Dissert. Bonn 1872. — Ray Lankester: Arch. f. Physiol. IV, 454. — Schär: Zeitschr. f. Biolog. VI, 467. — Zuntz: Arch. f. Physiol. V, 584. — Donders: ebenda S. 24. — J. Steiner: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1873. Heft 2. 160. — Simon: Centralbl. f. d. med. Wissenschaft 1876. 353. — Grehant: Compt. rend. LXXVI, 233. — Hoppe-Seyler:

Ber. der deutsch chem. Gesellsch. VII, 1065. — v. Tarchanoff: Arch. f. Physiol. IX, 53. 329. — L. Hermann: ebenda X, 86. — Setschenow: ebenda VIII, 1. — Reichardt: Arch f. Pharm. (3) VII, 51. — H. W. Vogel: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. IX, 587. — H. Struve: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. IX, 623.

Hämatin, Hämin etc. — Lecanu: Ann. Chim. Physiol. VLV, 1. — Derselbe: Etudes chim. sur le sang. Paris 1838. — Berzelius: Lehrb. der Chem. 4te Aufl. IX, 60. — Mulder: Journ. f. prakt. Chem. XXXII, 186. — Robin u. Verdeil: Traité de Chim. anat. et physiol. III, 376. — v. Wittich: Journ. f. prakt. Chem. LXI, 11. — Teichmann: Zeitschr. f. rat Med. N. F. IV, 375. VIII, 141. — A. Rollet: Wiener akad. Sitzungsber. XLVIII, 223. — Schwartz: Zeitschr f. d. ges. Naturw. XI, 225. — Kuntze: Vierteljahrsschrift f. gerichtl. Med. XXV, 263. — Gwosdew: Wiener akad. Sitzungsber. LIII, 1866. 683. — Neubauer: Zeitschr. f. analyt. Chem. I, 392. — Popoff: Med. Centralbl. 1868. 657. — Hoppe-Seyler: Med.-chem Untersuch. IV, 523. — Bojanowski: Zeitschr. f. wissensch. Zool. XII, 312. — Cazeneuve: Compt. rend. LXXXIV Nr. 19.

Allgemeines darüber.

In den rothen Blutzellen ist als färbender Bestandtheil ein eisenhaltiger, zu den Eiweissstoffen in naher Beziehung stehender Körper enthalten, das Hämoglobin (früher auch wohl als Hämatokrystallin bezeichnet). Wenn das Blut dem Lebenseinflusse entzogen ist, kann dasselbe nach verschiedenen Methoden krystallisirt erhalten werden und es ist bemerkenswerth, dass seine Krystallisation durch solche Momente vorzugsweise begünstigt wird, welche die rothen Blutzellen, sei es durch einfache Lösung, sei es durch chemische Veränderungen verschwinden machen, und das Blut in eine durchsichtige dunkelrothe Flüssigkeit verwandeln: so Zusatz von Wasser (Funke, Kunde), Einleiten von Sauerstoff und dann von Kohlensäure (Lehmann), abwechselndes Gefrierenlassen und Aufthauen des Blutes (A. Rollet), elektrische Entladungen (A. Rollet), Schütteln mit Aether (v. Wittich), Zusatz von gewissen Salzen (Bursy), Einwirkung der den Sauerstoff polarisirenden Chloroformdämpfe (Böttcher), Behandlung mit Benzol oder gechlorten Benzolen (Starkow), Vermischen des Blutes mit krystallisirter Galle, welche die Blutzellen rasch löst (Thiry, W. Kühne) und auf andere Weise mehr.

Die aus dem Blute verschiedener Thierspecies erhaltenen Hämoglobinkrystalle unterscheiden sich durch verschiedene Krystallform und zwar so, dass aus den gleichen Blutarten ausschliesslich immer die gleichen Formen erhalten werden, durch verschiedene Löslichkeit in Wasser und endlich durch etwas abweichende quantitative Elementarzusammensetzung. Doch ist zu allem Dem zu bemerken, dass es vorläufig nur zwei Krystallsysteme sind (das hexagonale und das rhombische), welche man an den Krystallen mit Sicherheit nachgewiesen hat (die Eichhörnchenblutkrystalle sind hexagonal, die Hundeblutkrystalle rhombisch); weiterhin, dass sich weder aus der quantitativen elementaren Zusammensetzung, noch aus der verschiedenen Löslichkeit der Hämoglobinkrystalle eine fundamentale Verschiedenheit des Hämoglobins verschiedener Thiere

mit Sicherheit folgern lässt, da die Abweichungen in der elementaren Zusammensetzung gering sind, und diese, sowie die verschiedene Löslichkeit der Krystalle eben so gut auf Verunreinigungen mit schwer zu entfernenden fremden Körpern, oder auf partielle chemische Veränderungen zurückgeführt werden könnten. Ob es daher wirklich verschiedene Hämoglobine giebt, wie Hoppe-Seyler glaubt, oder ob nicht vielmehr ein und dasselbe Hämoglobin nach dem Grade seiner Reinheit Verschiedenheiten zeigt, muss vorläufig dahingestellt bleiben. Wenn aber auch verschiedene Hämoglobine existiren, wofür als gewichtigster Grund das Krystallisiren in verschiedenen Systemen geltend gemacht werden kann, so sind sie jedenfalls ausserordentlich nahe verwandt. Dafür sprechen: die geringen Unterschiede in der elementaren Zusammensetzung, das Zerfallen aller Hämoglobine in einen dem Paraglobulin am Nächsten stehenden Eiweisskörper und ein eisenhaltiges Pigment: das Hämatin (s. u.), die Fähigkeiten aller untersuchten Hämoglobine, gewisse Gase, wie Sauerstoff, Kohlenoxyd, Stickoxyd chemisch locker zu binden und zwar in gleichen Volumverhältnissen, und endlich das im Wesentlichen für alle Hämoglobine gleiche spectroskopische Verhalten.

Zusammensetzung.

Zusammensetzung. Für das bei 100° getrocknete krystallisirte Hämoglobin verschiedener Blutarten fand Hoppe-Seyler nachstehende procentische Elementarzusammensetzung:

	Hund.	Gans.	Meerschwein.	Eichhörnchen.
Kohlenstoff	53·85	54·26	54·12	54·09
Wasserstoff	7·32	7·10	7·36	7·39
Stickstoff	16·17	16·21	16·78	16·09
Sauerstoff	21·84	20·69	20·68	21·44
Schwefel	0·39	0·54	0·58	0·40
Eisen	0·43	0·43	0·48	0·59
Phosphor	—	0·77	—	—

Der Gehalt an Krystallwasser betrug bei dem Hundeblut-Hämoglobin 3 bis 4, bei der Gans 7, beim Meerschweinchen 6, beim Eichhörnchen 9 Proc. Der alleinstehende Phosphorgehalt des Gänsehämoglobins ist wohl nur auf eine Verunreinigung durch einen phosphorhaltigen Körper (Lecithin?) zurückzuführen. Aus den Analysen des Hundebluthämoglobins von C. Schmidt (bei Böttcher) und aus denen von Hoppe-Seyler berechnet Preyer nachstehende mittlere Zusammensetzung des Hämoglobins: Kohlenstoff 54·00, Wasserstoff 7·25, Stickstoff 16·25, Eisen 0·42, Schwefel 0·63, Sauerstoff 21·45 und die empirische Formel

$$C_{600} H_{960} N_{154} Fe S_3 O_{179}.$$

Die Hämoglobinkrystalle, sowie auch ihre Lösungen enthalten, wenn bei Luftzutritt dargestellt, chemisch locker gebundenen Sauerstoff, dessen Volumen nach den gut stimmenden Beobachtungen von Hoppe-Seyler,

Dybkowsky und Preyer bei + 14° und 1 Meter Druck für 1 gr Hämoglobin 1·19 Cubikcentimeter im Mittel betragen würde. Bedeutend geringer waren die von Strassburg erhaltenen Volummengen. Er gewann nämlich durch Evacuiren nur 0·448 bis 0·885 Cubikcentimeter und wies zugleich nach, dass bei Gegenwart von Säuren die vom Hämoglobin gebundenen Sauerstoffmengen nicht unbeträchtlich abnehmen.

Eigenschaften des Sauerstoff-Hämoglobins.

Sauerstoffhämoglobin (Oxyhämoglobin). Die Krystalle besitzen eine schön blutrothe Farbe, sind durchsichtig, doppeltbrechend, seideglänzend und nur sehr selten über 1‴ lang. Im feuchten Zustande in Masse gesehen, stellen sie eine teigige Masse von zinnoberrother Farbe dar, welche unter 0° getrocknet, sich in ein hell ziegelrothes Pulver verwandelt. Je nach der Thierspecies, aus deren Blute sie gewonnen werden, ist ihre Form verschieden.

Gute Abbildungen der Hämoglobinkrystalle findet man in Funke's Atlas der physiol. Chemie, 2te Aufl., Tafel X, Fig. 1, 2, 3, 4, 5 und 6, sodann bei Preyer (Die Blutkrystalle) Taf. III, Fig. 1 u. 2; eine sehr vollständige tabellarische Zusammenstellung der bis jetzt bekannten Hämoglobinkrystalle, ihrer Formen und ihrer Löslichkeitsverhältnisse ebenda S. 36 ff.

Bei einer Temperatur über 0° getrocknet, nehmen die Krystalle eine mehr blaurothe Farbe an, werden pleochromatisch und verlieren ihren lose gebundenen Sauerstoff. Beim Erhitzen auf Platinblech blähen sie sich auf, riechen nach verbranntem Horn, fangen Feuer und hinterlassen eine rothbraune Asche, welche aus Eisenoxyd mit Spuren von Phosphorsäure besteht.

In Wasser sind sie alle löslich, jedoch ist ihre Löslichkeit eine sehr verschiedene. Manche (wie die Krystalle aus Rindsblut) sind so hygroskopisch, dass sie an feuchter Luft zerfliessen, andere (z. B. die Hämoglobinkrystalle aus dem Blute des Raben) sind in kaltem Wasser ziemlich schwer löslich. In warmem Wasser lösen sie sich im Allgemeinen leichter auf, wie in kaltem. Die wässerigen Lösungen sind rein blutroth, zersetzen sich aber, indem sie dabei eine mehr braunrothe Farbe annehmen, bei Temperaturen über 0° um so leichter, je höher die Temperatur und je concentrirter die Lösung ist. Durch Evacuiren unter der Luftpumpe, sowie durch längeres Erwärmen verlieren sie rascher noch den chemisch lose gebundenen Sauerstoff. Durch längere Einwirkung von Alkohol werden sie in Wasser schwerer löslich, und zwar um so schwerer, je concentrirter der Alkohol. Absoluter Alkohol macht sie in Wasser ganz unlöslich. In wässerigem Weingeist sind sie ebenfalls löslich, und sind derartige Lösungen haltbarer wie die wässerigen. Sie sind ferner ohne sofortige Zersetzung löslich in höchst verdünnten kaustischen Alkalien, in sehr stark verdünntem Ammoniakwasser, in Baryt- und Kalkwasser und in verdünnten oder mässig concentrirten Lösungen von kohlensauren, phosphorsauren und borsauren Alkalien.

In allen diesen Lösungen tritt aber nach wenigen Tagen, schon bei wenigen Graden über 0° Zersetzung ein. Die Hämoglobinkrystalle sind ferner löslich in normalem menschlichen Harn, in sehr verdünnten Eiweisslösungen, serösen Flüssigkeiten, in Galle, in wasserhaltigem Glycerin und in gewissen Neutralsalzen, unlöslich sind sie in Alkohol, Aether, Benzol, ätherischen und fetten Oelen, in Chloroform, Amylalkohol und in Schwefelkohlenstoff. In absolutem Alkohol kann man sie lange ohne auffallende Formveränderung aufbewahren. Die Farbe, der Glanz und die doppelte Lichtbrechung gehen aber verloren. Das Hämoglobin wirkt als Ozonüberträger, d. h. es vermag den erregten Sauerstoff von ozonhaltigen Körpern (z. B. ozonisirtem Terpentinöl) auf leicht oxydirbare Körper, wie z. B. Guajaktinctur zu übertragen, eine Eigenschaft, welche aber auch dem sauerstofffreien Hämoglobin zukommt, und merkwürdiger Weise durch sehr geringe Mengen von Chinin herabgesetzt, oder gänzlich aufgehoben wird (Binz, Schulte, Ransonné, Math. Müller); es vermag endlich Wasserstoffsuperoxyd zu katalysiren, welche Eigenschaft es übrigens mit dem Kohlenoxyd-Hämoglobin theilt (Schär). Von Preyer wird angegeben dass die Lösungen der Hämoglobine sich im Graham'schen Dialysator wie Colloidsubstanzen verhalten, d. h. nicht durch Pergamentpapier diffundiren; diese Angaben, der Theorie Graham's widersprechend und auch mit Versuchen von A. Schmidt nicht in Uebereinstimmung, bedürften einer umsichtigen erneuten Prüfung.

Spectroskopisches Verhalten des Oxyhämoglobins.

Spectroskopisches Verhalten der Oxyhämoglobinlösungen. Werden Oxyhämoglobinlösungen vor den Spalt des Spectralapparates gebracht, mittelst dessen man das Sonnenspectrum, oder jenes einer gut leuchtenden Petroleumflamme beobachtet, so zeigt sich bei concentrirten Lösungen starke Lichtabsorption in allen Theilen des Spectrums mit alleiniger Ausnahme des Roth bei *A* und *B* des Sonnenspectrums, so dass das ganze übrige Gesichtsfeld verdunkelt erscheint. Verdünnt man aber die Lösung mit Wasser, so hellt sich das Spectrum bis zur Linie *D* im Gelb auf, und bei weiter fortgesetzter Verdünnung findet dann Aufhellung zwischen den Linien *E* und *F* im Grün Statt; allmählich erscheint das ganze Spectrum bis zum Violett; es bleiben nun aber zwei dunkle Streifen (Absorptionsbänder) zwischen den Linien *D* und *E* im Gelb und Grün übrig. Der näher bei *D* liegende Streifen ist dunkler und schärfer begrenzt, während der bei *E* im Grün liegende breiter aber diffuser erscheint. Zwischen beiden Streifen befindet sich ein heller Zwischenraum. Am deutlichsten treten diese charakteristischen Absorptionsstreifen in Hämoglobinlösungen von 1 cm Dicke und einem Hämoglobingehalte von 1 pr. Mille auf; sie sind aber auch bei einem Gehalte von 0·1 pr. Mille noch sichtbar. Ueber diese Verdünnungsgrenze hinaus verschwindet allmählich der Streifen bei *E*, dann aber auch der bei *D*. (Getreue und sehr vollständige Abbildungen der Spectra der Oxyhämoglobine aller Wirbelthiere und einiger Avertebraten findet man bei Preyer l. c. auf Tafel I, Fig. 2 bis 8; vgl. ausserdem den Holzschnitt S. 162 unseres Werkes.) Das optische Verhalten der Hämoglobinlösungen giebt uns ein sehr werthvolles Hülfsmittel zur Erkennung kleiner Mengen von Hämoglobin, beziehungsweise von Blut an die Hand, denn die Angabe, dass alkalische Indigolösungen ein dem Blute völlig

gleiches Spectrum geben (Reichardt), hat sich bei genauerer Prüfung nicht bestätigt (H. Vogel).

Ein von Struve in verschiedenen Fleischarten und in der Leber nachgewiesener nicht weiter studirter Körper giebt ein Spectrum, welches mit jenem des Oxyhämoglobins zusammenfällt, aber im Gegensatze zu letzterem durch reducirende Agentien und Säuren nicht verändert wird.

Reducirtes Hämoglobin.

Reducirtes Hämoglobin (sauerstofffreies Hämoglobin). Dem Oxyhämoglobin kann durch Evacuiren unter der Luftpumpe, durch Stehenlassen seiner Lösungen, sowie endlich durch Einwirkung gewisser reducirender Substanzen, wie Zinnoxydullösung oder sehr verdünnte Schwefelammoniumlösung der locker gebundene Sauerstoff entzogen werden, ohne dass es dabei sonstige Veränderungen erfährt. In ähnlicher Weise wirkt längeres Durchleiten von Wasserstoff- und von Stickstoffgas (Preyer). Die Krystalle des sauerstofffreien Hämoglobins sind dunkler gefärbt, haben einen Stich ins Bläuliche oder Purpurne, sind an den Kanten grün durchscheinend und pleochromatisch. Je nach dem Krystallsysteme sind seine Lösungen di- oder trichroitisch, bei optisch einaxigen Krystallen di-, bei optisch zweiaxigen trichroitisch. Nach Hoppe-Seyler sind die sauerstofffreien Hämoglobine viel leichter löslich in Wasser und schwieriger, oder auch wohl gar nicht aus diesen Lösungen zur Krystallisation zu bringen.

Spectroskopisches Verhalten desselben.

Spectroskopisches Verhalten des reducirten Hämoglobins. Ueber dieses giebt die Behandlung der Lösungen des Oxyhämoglobins mit gewissen reducirenden Agentien Aufschluss. Lässt man eine passend verdünnte Blutlösung verschlossen einige Zeit stehen, oder fügt man zu Oxyhämoglobinlösungen einige Tropfen einer ammoniakalischen Lösung von weinsaurem Zinnoxydul, eines Gemisches xon Weinsäure, Eisenvitriol und überschüssigem Ammoniak, oder endlich einer sehr verdünnten Auflösung von farblosem Schwefelammonium, so verschwindet allmählich die rein rothe Färbung der Lösung, sie wird bräunlich und bei ihrer Untersuchung mittelst des Spectralapparates sieht man die beiden Absorptionsstreifen des Oxyhämoglobins verschwinden, während nun an Stelle des früher hellen Zwischenraumes ein breiter, blasser, diffuser Absorptionsstreifen auftritt und die Lichtabsorption im Blau des Spectrums schwächer wird. (Abbildungen des Spectrums des reducirten Hämoglobins vgl. bei Preyer l. c. Tafel I, Fig. 9, und Hoppe-Seyler: Handb. der physiol. u. path.-chem. Analyse. 4te Aufl. auf der beigehefteten Spectraltafel Fig. 8, endlich den Holzschnitt auf S. 162 unseres Werkes.) Schüttelt man die Lösungen des reducirten Hämoglobins mit Luft oder mit Sauerstoffgas, so treten die beiden für das Oxyhämoglobin charakteristischen Absorptionsstreifen wieder auf, während der breite Streifen verschwindet.

Auf diesen optischen Verhältnissen beruht ohne Zweifel die Aenderung der Farbe und Durchsichtigkeit des Blutes und wässeriger Blutlösungen, wenn sie aus dem venösen Zustande in den arteriellen übergehen und umgekehrt. Das frisch aus der Vene entnommene Blut von

Thieren zeigt starke Absorption des Lichtes von *B* bis über *C* hinaus, welche sogleich verschwindet, wenn man das Blut mit Luft schüttelt (Hoppe-Seyler).

Verbindungen des Hämoglobins mit anderen Gasen. Das Hämoglobin giebt mit mehreren Gasen ähnliche lockere Verbindungen, wie mit Sauerstoff. Die genauer studirten sind nachstehende:

Kohlenoxyd-Hämoglobin.

Kohlenoxyd-Hämoglobin. Leitet man durch eine wässerige Hämoglobin- oder Blutkörperchenlösung einige Minuten lang einen Strom von Kohlenoxyd bei einer Temperatur von 0° und unter öfterem Umschütteln, fügt sodann auf 4 Vol. der Lösung 1 Vol. Spiritus hinzu, schüttelt wieder gut um und lässt unter 0° 24 Stunden lang stehen, so krystallisirt Kohlenoxyd-Hämoglobin in schönen, bläulich-rothen, oft über eine Linie langen Krystallen heraus. Dieselben scheinen in Wasser etwas schwerer löslich zu sein, wie Oxyhämoglobinkrystalle, auch zeigen die Lösungen eine dunklere Färbung. Das spectroskopische Verhalten derselben ist ein sehr ähnliches, wie jenes der Oxyhämoglobinlösungen. Auch hier zeigen sich zwischen den Linien *D* und *E* des Sonnenspectrums zwei Absorptionsstreifen, allein dieselben sind etwas nach dem stärker brechbaren Theil des Spectrums hin verschoben. Diese Absorptionsstreifen unterscheiden sich endlich von jenen des Oxyhämoglobins ganz besonders dadurch, dass sie durch reducirende Substanzen, wie weinsaure, ammoniakalische Zinnoxydul- oder Eisenoxydullösungen oder Schwefelammonium tagelang nicht zum Verschwinden gebracht werden. (Das Kohlenoxyd-Hämoglobinspectrum findet man bei Preyer l. c. Taf. I, Fig. 14.). Das Kohlenoxyd-Hämoglobin hält Kohlenoxydgas chemisch gebunden und zwar fester, als der Sauerstoff im Oxyhämoglobin gebunden erscheint, denn es lässt sich das Kohlenoxydgas daraus durch Evacuiren nur schwierig und nur theilweise austreiben. Dagegen ist die Annahme, dass aus dem Kohlenoxyd-Hämoglobin das Kohlenoxyd durch Sauerstoffgas nicht ausgetrieben werden könne, nach neueren Erfahrungen von Donders und Liman nicht richtig. Letzterer konnte durch wiederholtes Schütteln von mit Wasser verdünntem Kohlenoxydblute mit Luft, das Kohlenoxydhämoglobin sehr leicht in Oxyhämoglobin verwandeln. Auch wird nicht wie Pokrowsky meinte, das Kohlenoxyd dabei zu Kohlensäure oxydirt, sondern tritt als solches aus. Was die Volumenmenge des im Kohlenoxydhämoglobin gebundenen Kohlenoxydes anbelangt, so war es nach den Versuchen von Cl. Bernard, L. Meyer und Dybkowsky über das Verhalten des Kohlenoxyds zum Blute von vornherein wahrscheinlich, dass Kohlenoxyd und Sauerstoff sich in dem gleichen Volumenverhältnisse mit Hämoglobin verbinden; in der That hat Preyer durch directe Absorptionsversuche gefunden, dass 1 Grm. Hämoglobin bei 0° und 1 Meter Druck 1·33 bis 1·35 Cubikcentimeter Kohlenoxyd zu binden vermag, demnach ebenso viel, als der Sauerstoffgehalt des Oxyhämoglobins beträgt.

Stickoxyd-Hämoglobin.

Stickoxyd-Hämoglobin. Leitet man Stickoxydgas unter sorgfältigem Abschluss der Luft in Oxyhämoglobinlösungen, so wird dasselbe absorbirt und es findet eine chemische Bindung statt, welche noch inniger zu sein scheint, wie jene des Kohlenoxydgases; denn leitet man Stickoxyd in eine Auflösung von Kohlenoxyd-Hämoglobin, so wird Kohlenoxyd ausgetrieben und ein gleiches Volumen Stickoxydgas aufgenommen (L. Hermann). Die Krystalle des Stickoxyd-Hämoglobins scheinen sich in ihrer Form von jenen des Oxyhämoglobins nicht zu unterscheiden, und ihre Lösungen zeigen zwei Absorptionsstreifen, welche in der Lage mit jenen des Oxyhämoglobins übereinstimmen, aber blässer, weniger scharf begrenzt sind, und durch reducirende Agentien nicht zum Verschwinden gebracht werden.

Fügt man zu Hämoglobinlösung Ammoniak und leitet dann Stickoxydgas ein, so wird die Lösung zuerst sehr dunkel, indem durch Bildung von salpetriger Säure das Oxyhämoglobin reducirt wird; bei fortgesetztem Einleiten des Gases hellt sich aber die Flüssigkeit wieder auf und es erscheinen die beiden Absorptionsstreifen des Stickoxyd-Hämoglobins.

Acetylen-Hämoglobin.

Acetylen-Hämoglobin. Acetylen ($C_2 H_2$) soll sich nach den Beobachtungen von Liebreich und Bistrow in gleicher Weise wie Kohlenoxyd etc. mit Hämoglobin verbinden, diese Verbindung dieselbe Farbe besitzen, wie Kohlenoxyd-Hämoglobin, aber leichter zersetzbar sein als letzteres, da sie durch Schwefelammonium und weinsaures Zinnoxydul leicht reducirt wird. Ausser einer vorläufigen Mittheilung ist über diese Verbindung nichts weiter bekannt geworden.

Cyanwasserstoff-Hämoglobin.

Cyanwasserstoff-Hämoglobin. Cyanwasserstoff verbindet sich mit Hämoglobin direct, und die Verbindung scheidet sich nach Zusatz von $^1/_4$ Vol. Alkohol zur concentrirten Mischung beim Abkühlen unter 0^0 in derselben Weise und in denselben Formen ab, wie Oxyhämoglobin etc. Werden die erhaltenen Krystalle im Vacuum über Schwefelsäure getrocknet, und mit Wasser und ein paar Tropfen verdünnter Schwefelsäure der Destillation unterworfen, so geht Blausäure über. Es ist demnach diese Verbindung beständiger, wie Oxyhämoglobin. Das spectroskopische Verhalten des Cyanwasserstoff-Hämoglobins stimmt mit jenem des Oxyhämoglobins vollständig überein, und es verschwinden die beiden Absorptionsstreifen durch reducirende Agentien eben so schnell, um dem Streif des reducirten Hämoglobins Platz zu machen, wie bei Oxyhämoglobinlösungen. Schliesst man Oxyhämoglobinlösung nach dem Zusatz von einigen Tropfen Blausäure so in ein Glasrohr ein, dass sich über der Flüssigkeit nur ein ganz unbedeutender Luftraum befindet, so zeigt die Mischung noch nach mehreren Minuten die beiden Oxyhämoglobinstreifen, während dieselben schon nach wenigen Tagen

verschwinden und den Streif des reducirten Hämoglobins zeigen, wenn keine Blausäure zugesetzt war (Hoppe-Seyler).

Ueber weitere, zum Theil noch problematische Verbindungen des Hämoglobins vgl. bei Preyer l. c. S. 146—161.

Darstellung krystallisirten Hämoglobins.

Darstellung des krystallisirten Hämoglobins. Krystallisirtes Hämoglobin kann nach sehr verschiedenen Methoden aus dem Blute vieler Thiere erhalten werden, doch sind diese Methoden zum Theil wenig sicher und die Gewinnung einer reinen Substanz überhaupt schwierig; am Besten eignet sich zur Darstellung grösserer Mengen von krystallisirtem Hämoglobin Hunde- und Pferdeblut. Die zuverlässigsten Methoden sind nachstehende:

Im Grossen.

I. Man mischt das defibrinirte Blut mit dem mindestens 10fachen Volumen einer Kochsalzlösung, welche auf 1 Vol. gesättigter Lösung 9 bis 10 Vol. Wasser enthält, lässt einen oder zwei Tage an einem kalten Orte ruhig stehen, so dass der grösste Theil der Blutkörperchen sedimentirt, giesst dann die überstehende Flüssigkeit so vollständig wie möglich ab, bringt das Blutkörperchensediment mit etwas Wasser in einen Kolben, giesst etwa ebenso viel Aether hinzu, schüttelt das Ganze gut um, giesst nach kurzem Stehen den Aether ab, filtrirt möglichst schnell durch ein Faltenfilter, mischt das Filtrat nach dem Abkühlen auf 0^0 mit $1/4$ seines Volumens Weingeist, der gleichfalls auf 0^0 erkaltet ist, und lässt bei — 5^0 bis — 10^0 einige Tage stehen. Ratten-, Meerschweinchen-, Eichhörnchen- und Hundehämoglobinkrystalle bilden sich beim Schütteln der Blutkörperchen mit Aether meist so schnell, dass beim nachherigen Filtriren ein Theil derselben auf dem Filter bleibt; ergiebt dies die mikroskopische Untersuchung, so löst man dieselben durch Digestion mit nicht zu viel Wasser bei etwa $+40^0$ im Wasserbade, filtrirt möglichst schnell, lässt auf 0^0 erkalten, fügt $1/4$ Vol. kalten Weingeist zu und lässt kalt stehen. Auf diese Weise ist man auch im Stande, die gebildeten kalt abfiltrirten Krystalle mehrmals umzukrystallisiren (Hoppe-Seyler).

II. Das Blut wird in einer Schale aufgefangen. Man lässt es darin gerinnen und einige Stunden, am Besten einen Tag lang, an einem kühlen Orte stehen. Dann wird das Serum abgegossen, der Blutkuchen mit destillirtem Wasser abgespühlt in sehr kleine Stücke zerschnitten und auch diese mit kaltem destillirten Wasser wiederholt abgespühlt. Hierauf bringt man den zerkleinerten, am Besten aber durch Gefrierenlassen erhärteten und dann zerkleinerten Blutkuchen auf ein Papierfilter, und giesst kaltes destillirtes Wasser darauf, bis das Filtrat mit Quecksilberchlorid keine erhebliche Fällung mehr giebt. Man zieht hierauf den Blutkuchen mit bis auf 30^0 bis 40^0 erwärmtem Wasser aus, und lässt das Filtrat in einen grossen in Eis stehenden Cylinder tropfen. Von der rothen Lösung wird ein abgemessener Theil so lange unter Umschütteln mit kleinen Mengen von Alkohol versetzt, bis eine Fällung entsteht, und hierauf der ganzen Lösung diejenige Menge von Alkohol zugefügt, die zugesetzt werden kann, ohne eine Fällung zu bewirken. Bringt man dieses Gemisch in einem Glase in eine Kältemischung, so scheiden sich schon nach wenigen Stunden die Krystalle des Hämoglobins ungemein reichlich aus. Man wirft sie auf ein Filter und wäscht sie mit eiskaltem, anfangs mit etwas Weingeist versetztem Wasser entweder auf dem Filtrum, oder auch wohl durch Decantiren so lange aus, bis das Waschwasser auf Zusatz von Quecksilberchlorid, Bleiessig und Silbernitrat nicht mehr getrübt wird. Sie sind dann meistens rein und ihre Asche besteht aus reinem Eisenoxyd. Giebt letztere noch Phos-

phorsäurereaction, so müssen sie in warmem Wasser gelöst und umkrystallisirt werden (Preyer).

Von allen Blutarten eignet sich zur Darstellung sehr grosser Mengen reinsten Hämoglobins am Besten das Pferdeblut. Man defibrinirt es und lässt die Blutkörperchen in einem hohen Cylinder sich absetzen, pipettirt das Serum ab, und verwendet das Blutkörperchensediment wie oben zur Darstellung des Hämoglobins (Preyer).

Im Kleinen.

Um in kürzester Zeit aus jedem beliebigen Blute Hämoglobinkrystalle behufs mikroskopischer Untersuchung darzustellen, werden einige Cubikcentimeter des fibrinfreien Blutes mit so viel Wasser versetzt, dass das Gemisch eine klare Lösung giebt. Oft liefert dann ein Tropfen des Gemisches mit einem Deckgläschen bedeckt, beim Verdunsten in der Kälte Krystalle. Ist dieses nicht der Fall, so setze man etwa $^1/_4$ des Volumens der Lösung Alkohol hinzu und bringe das Gemisch in einem Platin- oder Silberschälchen in eine Kältemischung (Preyer).

Zersetzungsproducte des Hämoglobins.

Zersetzungsproducte des Hämoglobins.

Das Hämoglobin zeigt eine sehr geringe Beständigkeit und wird durch die verschiedensten Agentien sehr bald zersetzt. Unter 0° völlig getrocknetes Hämoglobin lässt sich ohne Zersetzung bis auf 100° erwärmen; enthält es aber noch die geringste Menge von Feuchtigkeit, so zersetzt es sich schon bei gewöhnlicher Temperatur, rascher noch beim Erhitzen. Auch seine wässerigen Lösungen zersetzen sich allmälig von selbst und zwar um so leichter, je höher die Temperatur und je concentrirter die Lösung; sehr verdünnte Lösungen können auf 70° bis 80° ohne momentane Zerlegung erhitzt werden; erhält man sie aber auf dieser Temperatur nur einige Minuten, so findet sofort Zersetzung und Abscheidung eines Coagulums von Eiweisskörpern statt. Ebenso werden Hämoglobinlösungen durch Erwärmen mit Alkohol, durch verdünnte Säuren und verdünnte Alkalien und durch Metallsalze zersetzt; dieselben geben zuerst Missfärbung der Lösungen, dann Fällung. Die Zersetzungsproducte des Hämoglobins sind noch sehr unvollständig bekannt; doch weiss man, dass bei den Zersetzungen desselben auftreten: 1) Eiweissstoffe, 2) flüchtige Fettsäuren, worunter Ameisensäure und Buttersäure, und 3) eisenhaltige Pigmente (Hämatin, Hämin u. a.). Durch Zersetzung des Hämoglobins durch Säuren und durch kochendes Wasser wird sein Sauerstoff zum grössten Theile in stabilere Verbindungen übergeführt und lässt sich dann nicht mehr auspumpen. Ganz ähnlich verhält sich Kohlenoxyd- und Stickstoffoxydhämoglobin. Beim Erhitzen wird auch hier der grössere Theil der Gase in festere Verbindungen übergeführt (L. Hermann).

Die Natur der aus dem Hämoglobin sich abspaltenden Eiweissstoffe ist noch sehr wenig bekannt. Nach Hoppe-Seyler zählen sie zu den *Globulinen*, werden aber durch Einwirkung von Säuren in *Acidalbu-*

mine, durch Einwirkung von Alkalien in *Alkalialbuminate* verwandelt. Einen beim Auflösen des an der Luft spontan zersetzten Hämoglobins in Wasser unlöslich zurückbleibenden Eiweisskörper hat Preyer „*Globin*“ genannt. Derselbe verbrennt ohne Aschenrückstand, ist in Wasser unlöslich, wird damit gekocht fester und weniger durchscheinend, löst sich auch in verdünnter Salzsäure nur spurenweise auf, und quillt in Kochsalz- und Sodalösungen schleimig auf, ohne sich zu lösen. Die bei den Zersetzungen des Hämoglobins sich abspaltenden Pigmente sind unter verschiedenen Bezeichnungen mehr oder weniger genau beschrieben; da aber für die meisten derselben die Kriterien vollständiger chemischer Reinheit fehlen, auch ein stricter Beweis dafür fehlt, dass die Art der Darstellung dieser Pigmente keine Veränderung des genuinen aus dem Hämoglobin sich abspaltenden Pigmentes bewirkte, so wird durch diese Umstände ihre physiologische Bedeutung sehr fraglich und halten wir es im Interesse der in diesem Buche Aufklärung Suchenden gerathen, die Eigenschaften und die Darstellung dieser Pigmente gesondert zu beschreiben.

Hämatine.

Hämatin v. Lecanu.

Hämatin oder **Hämatosin von Lecanu.** Man versetzt geschlagenes Blut mit Schwefelsäure, rührt den Niederschlag mit Alkohol an und presst ihn so gut als möglich aus. Der braune Niederschlag wird mit Alkohol ausgekocht, der mit etwas Schwefelsäure versetzt ist, hierauf die rothe Flüssigkeit mit Ammoniak übersättigt, im Wasserbade abgedampft und der Rückstand mit Wasser, Alkohol und Aether vollständig ausgezogen. So dargestellt, dunkelbraune, glänzende, amorphe Masse, geruch- und geschmacklos, unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, fetten und flüchtigen Oelen. Bläht sich beim Erhitzen auf, riecht nach verbranntem Horn, liefert ammoniakalische Zersetzungsproducte und hinterlässt nach dem Verbrennen der Kohle von Eisenoxyd stark roth gefärbte Asche. Liefert mit Mineralsäuren Verbindungen, die in Wasser unlöslich, aber in Alkohol auflöslich sind und aus diesen Lösungen durch Wasser gefällt werden. Alkalien verbinden sich damit ebenfalls, und diese Verbindungen sind in Wasser, Alkohol, Aether und Essigäther mit dunkelblutrother Farbe löslich. Lecanu's Hämatin enthält nach Mulder in 100 Thln.: Kohlenstoff 65·35, Wasserstoff 5·44, Stickstoff 10·40, Sauerstoff 11·88, Eisen 6·93, woraus er die empirische Formel $C_{44}H_{44}N_6FeO_6$ berechnet.

Hämatin v. Berzelius.

Ein mit dem Hämatin von Lecanu nach seinen Eigenschaften übereinstimmendes wurde nach einer etwas abweichenden Methode von Berzelius dargestellt.

Hämatin v. Sanson.

Hämatin von Sanson. Getrocknetes und gepulvertes Blut wird mit Alkohol ausgekocht, der Rückstand mit concentrirter Schwefelsäure behandelt, die auf diese Weise gebildete Gallerte mit Wasser ausgewaschen und mit Alkohol ausgekocht. Die alkoholische Lösung wird mit kaustischem Ammoniak neutralisirt und abgedampft. Man extrahirt den Rückstand mit Wasser, hierauf mit Alkohol, verdunstet die rothe alkoholische Lösung, nimmt mit Salzsäure auf und fällt aus der Lösung des nun salzsauren Hämatins das Hämatin durch Ammoniumcarbonat.

Das so dargestellte Hämatin stellt frisch gefällt durchscheinende Flocken von schön blutrother Farbe dar, und ist in Alkohol, Aether und verdünnten Säuren löslich.

Hämatin v. Wittich.

Hämatin von v. Wittich. Defibrinirtes Blut wird mit Aether geschüttelt, die filtrirte Lösung mit Kaliumcarbonat angerührt, der Niederschlag auf einem Filter gesammelt, bei einer $+ 40^0$ nicht übersteigenden Temperatur getrocknet, noch warm mit absolutem Alkohol angerührt, mehr zugesetzt und geschüttelt. Die alkoholische Lösung abgedampft und mit Aether zur Entfernung der Fette behandelt, liefert das Hämatin. So dargestellt, ist es in Wasser und Alkohol löslich, was aber von der Anwesenheit geringer Mengen kohlensaurer Alkalien abhängig ist, denn werden die Lösungen mit einer Säure genau neutralisirt, so fällt das Hämatin sofort aus.

Die Lösungen des Wittich'schen Hämatins sind roth mit einem Stich ins Olivengrüne, und werden beim Kochen, ohne zu coaguliren, grün. Die wässerige Lösung abgedampft, hinterlässt das Hämatin in Gestalt kleiner Körnchen.

Hämatin von Hoppe-Seyler.

Hämatin von Hoppe-Seyler. Defibrinirtes Blut wird mit dem 3- bis 4fachen Volumen Weingeist gefällt, colirt, ausgepresst, die ausgepresste Masse zerkleinert, gesiebt, und mit Alkohol, der stark mit Schwefelsäure angesäuert ist, auf dem Wasserbade digerirt, dann heiss filtrirt. Die filtrirten Auszüge, welche beim Stehen etwas schwefelsaures Hämatin in schwarzblauen, im durchfallenden Lichte braunen Ablagerungen an der Glaswandung absetzen, werden auf dem Wasserbade erwärmt, mit $1/_6$ bis $1/_{10}$ ihres Volumens Wasser und ungefähr ebensoviel gesättigter Kochsalzlösung versetzt, und diese Mischung mindestens eine Stunde lang auf dem siedenden Wasserbade erwärmt, dann erkalten gelassen, filtrirt und der Niederschlag (Hämin, s. u.) anhaltend mit Wasser, Alkohol und Aether gewaschen. Hierauf wird die Masse in sehr verdünnter Kalilauge gelöst, die filtrirte Lösung mit verdünnter Salzsäure gefällt und der flockige, braune Niederschlag so lange mit heissem Wasser ausgewaschen, bis das Ablaufende durch Silbernitrat nicht mehr getrübt wird. Das so erhaltene Hämatin wird erst bei mässiger Wärme, dann bei 120^0 bis 150^0 getrocknet.

Blauschwarze Masse von lebhaftem Metallglanz, nicht erkennbar krystallinisch, aber auf Porcellan braunen Strich gebend, und zu einem dunkelbraunen Pulver zerreiblich. Kann ohne sich zu zersetzen auf 180^0 erhitzt werden, stärker erhitzt verkohlt es, ohne sich aufzublähen und hinterlässt reines Eisenoxyd. Unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether und Chloroform, wenig löslich in Eisessig, gar nicht in wässerigen säurehaltigen Flüssigkeiten, leicht löslich dagegen in säurehaltigem Alkohol, in selbst sehr verdünnten Alkalien und in kohlensaures Alkali haltendem Alkohol. Die alkalischen Lösungen erscheinen in dickeren Schichten im durchfallenden Lichte schön roth, in dünneren olivengrün, die sauren Lösungen in jeder Dicke der Schicht braun gefärbt.

Optisches Verhalten seiner Lösungen.

Beide Lösungen absorbiren am Wenigsten das äusserste Roth im Spectrum des Sonnen- oder Lampenlichtes bis etwa zur Linie B, am Stärksten das violette Licht. Bis zu einer Concentration von 0·015 Grm. Hämatin in 100 C. C. Lösungsmittel zeigt die Lösung in einer Schicht von 1 Centimeter Dicke einen schlecht begrenzten Absorptionsstreifen zwischen C und D, nahe bei D; die Lösung in schwefelsäurehaltigem Alkohol giebt einen Absorptionsstreifen nahe bei C, zwischen C und D; ein anderer, weniger scharf begrenzter, etwas breiterer und bei zunehmender Verdünnung früher verschwindender liegt zwischen D und F. Dieser Streif zerlegt sich bei vorsichtiger Verdünnung der Flüssig-

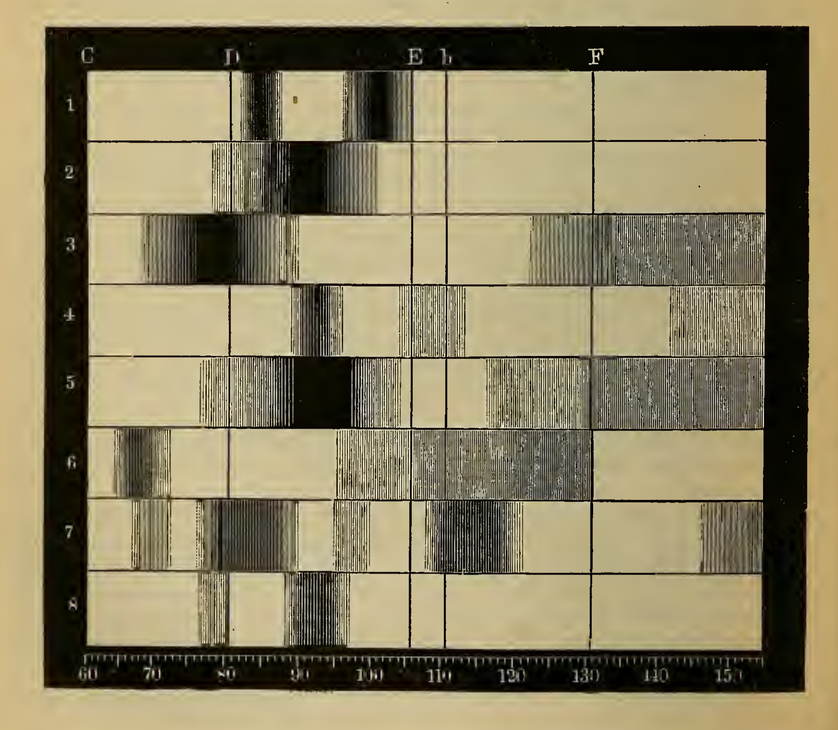
keit zunächst in zwei ungleich dunkle Streifen; der neben *F* befindliche ist der dunklere; der Zwischenraum ist am Hellsten zwischen *E* und *b*. Bei gewisser Verdünnung erscheint auch ein sehr schmaler, sehr schwacher Streif zwischen *D* und *E*, dicht bei *D*. Durch reducirende Agentien (Schwefelammonium, ammoniakalisches weinsaures Zinnoxydul u. s. w.) verändert die Hämatinlösung ihre Farbe und zeigt dann im Spectralapparate einen dunkeln, schmalen, ziemlich scharf begrenzten Absorptionsstreifen zwischen *D* und *E*, näher bei *D*, und einen blasseren, welcher die Linien *E* und *b* einschliesst. (Reducirtes Hämatin.) Fügt man zu einer alkalischen Hämatinlösung Cyankalium, so wird die Lösung durchsichtig, rothbraun, und zeigt bei genügender Verdünnung einen schlecht begrenzten Absorptionsstreifen zwischen *D* und *E*.

Untenstehender, Hoppe-Seyler's Handbuch der physiol. und pathol. chem. Anal. 4. Aufl. entnommener Holzstich giebt die Spectra

1) des Oxyhämoglobins,
2) des reducirten Hämoglobins,
3) des in sehr verdünnter Natronlauge gelösten Hämatins,
4) des Hämochromogens,
5) Spectrum der Lösung von 3, mit Cyankalium versetzt,
6) des in schwefelsäurehaltigem Alkohol gelösten Hämatins,
7) u. 8) geben die Spectra des eisenfreien Hämatoporphyrins, 7) in verdünnter Sodalösung, 8) in schwefelsäurehaltigem Alkohol.

Vgl. übrigens Preyer: Blutkrystalle, Taf. I, Fig. 11, 15, Taf. II, 9, 10.

Fig. 1.



Hoppe-Seyler erhielt bei der Elementaranalyse seines Hämatins im Mittel mehrerer Bestimmungen: Kohlenstoff 64·30, Wasserstoff 5·50, Stickstoff 9·06, Eisen 8·82 Proc., und berechnet daraus die empirische Formel $C_{34}H_{35}N_4FeO_5$.

Alkalische Lösungen des Hämatins von Hoppe-Seyler werden durch Calcium- und Bariumsalze gefällt, und es wird das Hämatin durch gewisse Niederschläge, wie z. B. Calciumphosphat, aus der Lösung mit niedergerissen und bietet gegen zersetzende Agentien eine gewisse Resistenz dar. Durch Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure erhielt Hoppe-Seyler zwei Körper: Hämatoporphyrin und Hämatolin, beide eisenfrei, von welchen ersterer, löslich in Schwefelsäure und in Kalilauge, zu seiner Bildung die Anwesenheit von Sauerstoff voraussetzt, während der letztere in Schwefelsäure und Kalilauge unlöslich ist. Das Hämatoporphyrin scheint mit dem von Preyer als Hämatoin beschriebenen Zersetzungsproducte identisch zu sein (vgl. Preyer l. c. Taf. II, Fig. 3). Bezüglich des Spectrums des Hoppe-Seyler'schen eisenfreien Hämatoporphyrins vgl. die vorstehende Spectraltafel. Ueber die Elementarzusammensetzung dieser beiden jedenfalls nicht genügend individualisirten Stoffe vgl. Hoppe-Seyler: Med.-chem. Untersuch. Heft 4, S. 531, 532, wo auch einige Angaben über die Einwirkung reducirender Agentien auf Hämatin zu finden sind.

Eisenfreies Hämatin.

Hämin. Durch die Einwirkung von Eisessig und etwas Chlornatrium auf Blut in der Wärme erhält man braunrothe mikroskopische Krystalle, welche nach ihrem Entdecker längere Zeit als „Teichmann'sche Blutkrystalle" bezeichnet wurden, gegenwärtig aber Hämin und Häminkrystalle genannt werden. Das Hämin ist ein dem Hämatin jedenfalls sehr nahe verwandtes Zersetzungsproduct des Hämoglobins und wurde am Eingehendsten von Hoppe-Seyler studirt. Zur Darstellung desselben in grösseren Mengen giebt Hoppe-Seyler nachstehendes Verfahren an:

Teichmann'sche Blutkrystalle.

Defibrinirtes Blut eines bebiebigen Thieres wird mit einem grossen Ueberschusse einer Mischung von 1 Vol. gesättigter Kochsalzlösung und 10 bis 20 Vol. Wasser 24 Stunden lang sich selbst überlassen, die Flüssigkeit oberhalb der Blutkörperchensedimente möglichst vollständig abgegossen, das letztere mit Wasser in einen Kolben gespült, mit ½ Vol. Aether geschüttelt, die Aetherschicht abpipettirt, und die wässerige Blutkörperchenlösung in flachen Schalen bis zur Syrupsconsistenz verdunstet. Der Rückstand mit dem 10- bis 20fachen Volumen Eisessig tüchtig durchgeschüttelt und hierauf in einem Kolben auf dem Wasserbade 1 bis 2 Stunden erhitzt, liefert Häminkrystalle meist schon bei mässigem Erwärmen, doch ist längeres Erhitzen zur vollständigen Ausfällung der Krystalle und möglichster Entfernung (Lösung) der Eiweissstoffe erforderlich. Man lässt die Krystalle in einem Becherglase vollständig sedimentiren, wäscht mehreremale durch Decantation mit Wasser, kocht hierauf mit starker Essigsäure so lange aus, als sich noch Spuren gequollener Eiweissstoffe wahrnehmen lassen, wäscht dann wieder mit Wasser, schliesslich aber auf dem Filter mit Alkohol und Aether aus. Die Krystalle nach einem von Gwosdew [1]) angegebenen Verfahren umzukrystallisiren, hält Hoppe-Seyler nicht für räthlich, da dasselbe mit grossem Verlust verbunden ist und das Präparat dadurch stark hämatinhaltig wird.

Darstellung im Grossen.

Getrocknet oder in farbloser Flüssigkeit suspendirt, violettgraue, metallisch glänzende, bei der Bewegung stark glitzernde, sehr dünne, mikroskopische, rhombische Krystallblättchen, von im durchfallenden Lichte brauner Färbung,

Eigenschaften u. Zusammensetzung.

[1]) Wien. akad. Sitzungsber. LIII, 1866, 683.

auf Porcellan kaffeebraunen Strich gebend. (Gute Abbildungen der mikroskopischen Krystalle bei Funke Atl. 2te Aufl., Taf. IX, Fig. 2.) Unlöslich oder nur sehr wenig löslich in Wasser (in kaltem und heissem), in Alkohol, Aether, Chloroform, verdünnten Sodalösungen, und verdünnter Essigsäure und Salzsäure in der Kälte, löslich dagegen in kaustischen Alkalien, alkoholischen Lösungen von Kaliumcarbonat und in starker Salzsäure in der Wärme; auch Eisessig löst es beim Sieden ziemlich reichlich. Salpetersäure ist in der Kälte ohne bemerkbare Einwirkung, zersetzt aber beim Kochen das Hämin vollständig. Aus den Lösungen in Alkalien wird durch Säuren und durch alkalische Erdsalze Hämatin gefällt. Von concentrirter Schwefelsäure wird es schon bei gewöhnlicher Temperatur zu einer violettrothen Flüssigkeit gelöst, beim Erwärmen damit entwickelt sich etwas Salzsäure.

Das Hämin verändert sich beim Erhitzen bis auf 200^0 nicht, stärker erhitzt verglimmt es unter Entwickelung von Blausäure und Hinterlassung eines Skelettes von reinem Eisenoxyd.

Hoppe-Seyler betrachtet das Hämin als eine salzartige Verbindung des Hämatins mit Salzsäure und giebt ihm auf Grund seiner Analysen die Formel $C_{34}H_{34}N_4O_5Fe, HCl$. Er fand darin 5·29 Proc. Chlor und zwar constant. Da aber Thudichum chlorfreie Häminkrystalle dargestellt haben will, die von Hoppe-Seyler dargestellten Präparate nach seiner eigenen Angabe nicht den Anspruch chemischer Reinheit erheben dürfen, er endlich selbst diese Auffassung einmal bereits zurückgenommen hatte, und erst in jüngster Zeit wieder auf dieselbe zurückkommt, so wird man nur nach erneuten gründlichen Untersuchungen in der Lage sein, sich über die Beziehungen des Hämins zum Hämoglobin und zum Hoppe-Seyler'schen Hämatin ein sicheres Urtheil bilden zu können.

Mit dem Hämin im Wesentlichen identisch sind: das krystallisirte Hämatin von C. G. Lehmann und das krystallisirte Hämatin von A. Rollet.

Unvollkommen gekannte Zersetzungsproducte d. Hämoglobins.

Ausserdem ist noch eine Anzahl von Zersetzungsproducten des Hämoglobins von verschiedenen Autoren aufgeführt, welche aber vom chemischen Standpunkte zu ungenügend charakterisirt sind, um in diesem Lehrbuche ausführlich berücksichtigt zu werden. Es sind dieses nachstehende:

Unlösl. Hämoglobin.

Unlösliches Hämoglobin; findet sich nach Hoppe-Seyler zuweilen in alten Strumencysten in Gestalt eines ziegelrothen aus blutkörperchenähnlichen, stark lichtbrechenden Körnchen bestehenden Absatzes; ist in Wasser und Alkohol unlöslich.

Methämoglobin.

Methämoglobin, ein sehr problematisches Zwischenproduct der Spaltung des Hämoglobins in Eiweissstoffe und Hämatin, welches sich auch in den Schorfen des eingetrockneten Blutes heilender Wunden (Sorby), sowie in alten Blutextravasaten finden soll (Hoppe-Seyler), dessen Spectrum sich nach Hoppe-Seyler durch einen Absorptionsstreifen im Roth (zwischen *C* und *D*, näher bei *C*), charakterisirt, nach Preyer aber beim Verdünnen meist noch die beiden Sauerstoffhämoglobinstreifen zeigt. (Näheres bei Preyer l. c. S. 191 u. ff.)

Hämochromogen.

Hämochromogen nennt Hoppe-Seyler einen purpurrothen Farbstoff, den er durch Zersetzung des Hämoglobins durch schwefelsäurehaltigen und durch kalihaltigen Alkohol bei vollkommenem Ausschlusse des Sauerstoffs neben Eiweissstoffen erhielt, der mit dem reducirten Hämatin von Stokes nicht identisch sein, sich aber bei Luftzutritt unter Aufnahme von Sauerstoff in Hä-

matin verwandeln soll. Die saure alkoholische Lösung des Hämochromogens ergiebt im Spectralapparate zwei schmale Streifen zwischen C und D, einen breiteren zwischen D und E und diffuse Absorption zwischen b und F; die alkalisch alkoholische Lösung einen schwachen Streifen vor D, einen starken zwischen D und E, einen dritten auf E bis b; und endlich einen schlecht begrenzten von b bis C. (Vgl. die Kritik dieser Angaben bei Preyer l. c. S. 207 u. ff.)

Hämatoin u. Hämathion.

Ueber Hämatoin, dem eisenfreien Hämatin der älteren Autoren nahe verwandt und möglicher Weise mit dem Hämatoporphyrin Hoppe-Seyler's identisch, — so wie über Hämathion, einen grünen Farbstoff, welcher durch Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Oxyhämoglobin entsteht, vgl. Preyer l. c. S. 178 u. 204.

Vorkommen d. Hämoglobins.

Vorkommen des Hämoglobins. Das Hämoglobin ist ein Bestandtheil der rothen Blutkörperchen aller erwachsenen Wirbelthiere, nach den Untersuchungen von Kühne auch identisch mit dem rothen Muskelfarbstoff, ausserdem in dem rothen Farbstoffe der *Chironomus*-Larven (Federmücken), im Blute der Regenwürmer und jenem einer Crustacee: *Cheyrocephalus diaphanus*, und in dem einer Schnecke, *Planorbis* (Ray Lankester), mit Sicherheit nachgewiesen.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. In welcher Weise das Hämoglobin im Organismus vorkommt, erledigt sich zum Theil durch die Orte seines Vorkommens; in den Blutkörperchen der Wirbelthiere ist es jedenfalls ein Hauptbestandtheil des Stromas derselben. Aus den kernhaltigen Blutkörperchen der Amphibien lässt sich durch Borsäure eine rothe, den Kern enthaltende Masse aus dem farblos zurückbleibenden Stroma austreiben (Brücke), und auch nach Rollet und Stricker ist der rothe Farbstoff in ein farbloses Stroma eingelagert oder infiltrirt. Ob es sich jedoch hier um eine mechanische Imprägnirung oder um chemische Bindung handelt, muss dahingestellt bleiben. In dem Plasma des *Lumbriciden*-Blutes scheint das Hämoglobin in wahrer Lösung vorhanden zu sein, da es schon beim einfachen Verdunsten dieses Plasmas sich in Krystallen abscheidet.

Abstammung und Austritt.

Abstammung und Austritt. Beide sind theilweise noch in tiefes Dunkel gehüllt. Dass die rothen Blutzellen und mithin auch das Hämoglobin aus den farblosen hervorgehen, kann als erwiesen angesehen werden; beim Frosche konnte v. Recklinghausen den Uebergang der farblosen in rothe direct beobachten; im Uebrigen gelingt der Nachweis desselben am Deutlichsten im Venenblute der Milz, in der Leber und im Knochenmarke (Neumann, Bizzozero). So wichtig diese Beobachtungen sind, so geben sie doch über die Entstehung des Hämoglobins keine Aufschlüsse vom chemischen Standpunkte. Alles was wir von dem Hämoglobin wissen, berechtigt uns zu der Annahme, dass dasselbe eine Verbindung eines oder auch wohl verschiedener Eiweissstoffe mit einem eisenhaltigen Pigmente sei; es muss demnach bei seiner Bildung

irgend eine Eisenverbindung mitwirken. Hier erscheint es nun allerdings bemerkenswerth, dass die Milz, ein Organ, welches nach zahlreichen physiologischen Thatsachen zur Neubildung des Blutes und seiner Zellen in naher Beziehung steht, nach den Untersuchungen von Scherer sehr reich an Eisen ist, und namentlich einen eisen- und stickstoffhaltigen Körper enthält. Preyer (l. c. S. 215 u. ff.) will nach Zerlegung reiner Blutkrystalle durch Alkalien, aus dem Hämatin und dem abgespaltenen Alkalialbuminat durch energische Sauerstoffzufuhr Oxyhämoglobin sich wieder haben bilden sehen. Aehnliche Beobachtungen wurden von Heynsius und Münnich gemacht.

Was die Frage anlangt, in welcher Form die Elemente des Hämoglobins aus dem Körper austreten, so lag es von jeher nahe anzunehmen, dass sämmtliche Pigmente des Thierkörpers, und namentlich jene der Galle, aus Hämoglobin oder Hämatin hervorgehen. Seit es aber Hoppe-Seyler gelang nachzuweisen, dass ein von ihm durch Einwirkung von Zinn und Salzsäure erhaltenes Reductionsproduct des Hämatins in alkoholischer Lösung mit dem Urobilin, einem im Harne, der Galle und in den Fäces nachgewiesenen Pigmente, zugleich aber auch mit dem von Maly durch Einwirkung von Natriumamalgam auf Bilirubin (dem normalen Gallenfarbstoff) erhaltenen identisch sei, und dass man dieses Reductionsproduct auch durch Einwirkung von Zinn und Salzsäure auf eine alkoholische Lösung von unzersetztem Hämoglobin mit Leichtigkeit erhalte, ist die Möglichkeit des Ueberganges der Blutpigmente in Gallen- und andere Pigmente ausser Zweifel gesetzt. Aus den Versuchen von Tarchanoff, der nach Injectionen von verdünnten Hämoglobinlösungen bei Thieren verstärkte Gallensecretion und bedeutende Vermehrung der Gallenpigmente eintreten sah, kann ebenfalls auf die nahe Beziehung des Blut- zum Gallenfarbstoff geschlossen werden. Ob, wie Tarchanoff annehmen zu dürfen glaubt, das Gallenpigment ausserhalb der Leber durch Zersetzung des Blutfarbstoffs entstehe, und von der Leber nur aufgenommen und ausgeschieden werde, mag dahin gestellt bleiben. Für die Bildung der Gallenfarbstoffe in der Leber wird geltend gemacht, dass der Untergang rother Blutzellen wahrscheinlich werde durch das Auflösungsvermögen der gallensauren Salze für die rothen Blutzellen, durch den äusserst langsamen Blutstrom in der Leber, und endlich durch die Armuth des Lebervenenblutes an rothen Blutzellen.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Das eigenthümliche Verhalten des Hämoglobins zum Sauerstoffe, sein Vermögen, dieses Gas locker zu binden, sowie sein Vermögen, dasselbe zu erregen und als Ozonüberträger zu wirken, lassen keinen Zweifel, dass dieser Bestandtheil für die Oxydationsvorgänge im Organismus von höchster Bedeutung sein müsse; wenn wir endlich gesehen haben, dass der Uebertritt des Sauerstoffs der eingeathmeten Luft in das Blut von einer chemischen Anziehung abhängig ist, welche die Blutkörperchen ausüben, so wird auch die Bedeutung des Hämoglobins für den Respirationsprocess sofort klar.

Fette.

Literatur: Liebig: Chem. Briefe. 4te Aufl. 2ter Bd. 30. Brief. — Thierchem. 3te. Aufl. S. 113. — Dumas u. Boussingault: Ann. de. Chim. et de Phys. 3. Sér. XII, p. 153. — Letellier: Ebendas. XI, 433. — Persoz: Compt. rend. XVIII, 245. — Payen u. Gasparin: Compt. rend. XVIII, 797. — Playfair: Philos. Magaz. XII, 281. — Gundelach: Naturgesch. der Bienen. Cassel 1842. — Dumas u. Milne Edwards: Journ. de pharm. et de chim. 3. Sér. XIV, 400. Annal. des sciences naturell. 1842. 2 Sér. XX, 174. — Boussingault: Compt. rend. XX, 1726. — Persoz: Ebendas. XXI, 20. — Hoppe-Seyler: Arch. f. pathol. Anat. X, 144. — Quain: Med. chir. Transact. 1850. 141. — Virchow: Verhandl. d. Würzburg. phys. med. Gesellsch. III, 1852. — Ch. Wetherill: Transact. of the americ. philos. Soc. XI. — Journ f. prakt. Chem. LXVIII, 20. — R. Wagner: Nachr. d. k. Gesellsch. d. Wissenschaft zu Göttingen. 1851. Nr. 8. Arch. f. phys. Heilk. X, 520. — Middeldorpff: Zeitschr. f. klin. Med. III, 59. — Donders: Nederland. Lancet. 3 Sér. I, 556. — Michaelis: Prag. Vierteljahrsch. 1853. X, 4. — Husson: Nachr. d. k. Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen. 1853, S. 41. — Schrader: Ebenda. — Fr. W. Burdach: De commutat. subst. protein. in adipem. Diss. inaug. Regiomont. Pruss. 1863. — Böttcher: Arch. f. pathol. Anat. XIII, 392. — H. Weber: Arch. f. path. Anat. XII, S. 326. — Lawes and Gilbert: Philos. Transact. 1859. Part II, p. 493. — Bischoff u. Voit: Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. 1860. — Pettenkofer u. Voit: Sitzungsber. der Münchener Akad. 1863. I, S. 547; Ann. d. Chem. und Pharm. Suppl. II. für 1862. 1863. S. 361. — C. Voit: Ueber Fettbildung im Thierkörper. Zeitschr. f. Biologie. V, S. 79. — Ch. Blondeau: Ann. de Chim. et de Phys. 1864. I, p. 208. — Brassier: Ebendas. 1865. 270. — Kemmerich: Med. Centralbl. 1867. Nro. 127. — 1866. Nro. 30. — Ssubotin: Arch. f. pathol. Anat. 1866. XXXVI, S. 561. — Zeitschr. f. Biologie VI, S. 73. — Kühn: Landwirthsch. Versuchsstationen 1868. X, S. 418. — Fleischer: Arch. f. pathol. Anat. LI, S. 30. — Stohmann: Zeitschr. f. Biol. VI, S. 204. — Radziejewski: Arch. f. path. Anat. XLIII, S. 268. — Fr. Hofmann: Der Uebergang von Nahrungsfett in die Zellen des Thierkörpers. Habilitationsschr. München 1872. — Schulze u. Reinecke: Ann. Chem. Ph. Bd. CXLII, S. 191. Röhrig: Ueber die Zusammensetzung und das Schicksal der in das Blut eingetretenen Nährfette. Ber. d. math. phys. Cl. der k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1874. — Weiske u. Wildt: Untersuch. über Fettbildung. Zeitschr. f. Biol X, 1. — J. Steiner: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874, 286. — Perewoznikoff: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1876, 851.

A. Fette.

Allgemeiner Charakter.

Die Fette sind fest, halbfest und salbenartig, oder flüssig. Alle festen sind sehr leicht schmelzbar und werden schon unter 100° C. flüssig. Im flüssigen Zustande durchdringen sie Papiere und Zeug und machen dieselben durchscheinend (Fettflecken). In ganz reinem und frischem Zustande sind sie geruch- und geschmacklos. Alle Fette sind leichter wie Wasser und darin vollkommen unlöslich. Hält das Wasser Stoffe aufgelöst, die, wie Gummi, Eiweisskörper u. s. w.,

den Lösungen eine schleimige Beschaffenheit und eine grössere Dichtigkeit ertheilen, so bleiben darin enthaltene Fette in Gestalt mikroskopischer Tröpfchen (Fetttröpfchen, Fettkugeln) suspendirt und die Flüssigkeiten erscheinen dann milchig, trübe. Alle Fette sind in Aether löslich. Sie fangen bei 300° C. unter Zersetzung zu kochen an, und geben bei der trockenen Destillation neben anderen Producten Acrolein. Ihrer chemischen Constitution nach sind die Fette Glyceride, d. h. Ester des dreiwerthigen Alkohols Glycerin und der eigentlichen Fettsäuren einschliesslich der Oelsäure. Alle natürlich vorkommenden Fette sind Gemenge von Glyceriden mehrerer fetten Säuren, vor Allem der Stearinsäure, Palmitinsäure und der Oelsäure.

Bei der Behandlung mit Alkalien werden sie verseift, d. h. die Alkalien verbinden sich mit den fetten Säuren zu Salzen: Seifen, und es wird unter Wasseraufnahme gebildetes Glycerin abgeschieden. An der Luft erleiden sie allmählich jene Veränderung, die man Ranzigwerden nennt. Dieser Vorgang besteht im Wesentlichen darin, dass Fettsäuren in Freiheit gesetzt werden, während das frei gewordene Glycerin ebenfalls der Oxydation anheim fällt, dabei treten flüchtige Fettsäuren auf (ranziger Geruch und Geschmack). Daraus geht hervor, dass dabei der Sauerstoff eine Rolle spielt, es ist aber nicht entschieden, ob die Beschleunigung des Ranzigwerdens der Fette, welche Eiweisskörper, Schleim und ähnliche Stoffe hervorrufen, auf eine sauerstoffübertragende Thätigkeit dieser Stoffe, oder auf eine Fermentwirkung zurückzuführen ist. Von Ozon werden die Fette an und für sich nicht angegriffen, bei Gegenwart von Alkalien aber werden sie durch dieses Agens rasch verseift, wobei das Glycerin in Propionsäure und Ameisensäure verwandelt wird. Auch Acrolein und Acrylsäure scheinen vorübergehend dabei aufzutreten (Gorup-Besanez). Durch überhitzten Wasserdampf und durch gewisse Fermente werden sie in Glycerin und freie Fettsäuren gespalten. Ein derartiges Ferment ist in der Pancreasdrüse enthalten (Cl. Bernard).

Die im Thierkörper mit Bestimmtheit nachgewiesenen Glyceride sind folgende:

Tristearin.

Tristearin (Tristearinsäure-Glycerid) $\left.\begin{matrix}(C_{18}H_{35}O)_3\\ C_3H_5\end{matrix}\right\} O_3$.

Bestandtheil aller thierischen Fette, vorwiegend aber in den festen talgartigen Fetten (Hammelstalg, Rindstalg). Schmelzp. 66·5°. Die Menge des Stearins in den Fetten steht im umgekehrten Verhältnisse zu ihrer leichten Schmelzbarkeit.

Tripalmitin.

Tripalmitin (Tripalmitinsäure-Glycerid) $\left.\begin{matrix}(C_{16}H_{31}O)_3\\ C_3H_5\end{matrix}\right\} O_3$.

Ebenfalls Bestandtheil aller thierischen Fette, vorwiegend in den Fetten mittlerer Consistenz, wie im Schweine-, Menschen- und Butterfett. Schmelzp. 60°.

Triolein.

Triolein (Trioleinsäure-Glycerid) $\left.\begin{matrix}(C_{18}H_{33}O)_3\\ C_3H_5\end{matrix}\right\} O_3$.

In allen thierischen Fetten, vorwiegend aber in den flüssigen enthalten, demnach in den in den verschiedenen thierischen Säften suspendirten Fettkügelchen, in den Nerven, im Gehirn und zahlreichen pathologischen Neubildungen. Flüssig.

Serolin.

Das unter dem Namen Serolin beschriebene und hauptsächlich im Blutserum vorkommende krystallisirbare Fett ist ein Gemenge.

Auch Glyceride der flüchtigen Fettsäuren sind in thierischen Fetten nachgewiesen.

Die mittlere procentische Elementarzusammensetzung der thierischen Fette ist nach den Untersuchungen von Schulze und Reinecke in ziemlich enge Grenzen eingeschlossen. Für Hammelfett, bei + 41° bis 52·5° schmelzend, betrug sie Kohlenstoff 76·61, Wasserstoff 12·03 und Sauerstoff 11·36 Proc., — für Ochsenfett, bei + 41° bis 50° schmelzend, Kohlenstoff 76·50, Wasserstoff 11·90, Sauerstoff 11·59, — für Schweinefett, bei + 42·5° bis 48° schmelzend, Kohlenstoff 76·54, Wasserstoff 11·94, Sauerstoff 11·52, für Hundefett: Kohlenstoff 76·63, Wasserstoff 12·05, Sauerstoff 11·62, für Katzenfett: Kohlenstoff 76·56, Wasserstoff 11·90, Sauerstoff 11·44, für Menschenfett: Kohlenstoff 76·62, Wasserstoff 11·94, Sauerstoff 11·44 Proc. Als mittlere Zusammensetzung aller dieser Fette ist daher anzunehmen:

Kohlenstoff	. . .	76·5,
Wasserstoff	. . .	12·0,
Sauerstoff	. . .	11·5,

auszudrücken durch die empirische Formel $C_{62} H_{99} O_6$. Eine etwas abweichende Zusammensetzung ergab das Pferdefett, sogenanntes Kammfett, bei Zimmertemperatur grösstentheils flüssig bleibend; es gab Kohlenstoff 77·07, Wasserstoff 11·69, Sauerstoff 11·24. Das Butterfett gab ungefähr 1 Proc. Kohlenstoff weniger, wie die Fette des Fettgewebes. Das Nierenfett scheint im Allgemeinen das festeste, das Fett des *Panniculus adiposus* das leichtestflüssige zu sein.

Vorkommen. Fette finden sich in allen Geweben und Organen und in allen Flüssigkeiten des Thierkörpers, vielleicht mit alleiniger Ausnahme des normalen Harns, doch dürfte selbst dieser Fett wenigstens spurenweise enthalten. An einzelnen Stellen des Körpers sind die Fette in grösserer Menge angehäuft, und ebenso sind auch gewisse Flüssigkeiten durch Fettreichthum ausgezeichnet.

Vorkommen.

Mengenverhältnisse. Die Gesammtmenge des Fettes im menschlichen Körper unter normalen Verhältnissen schlug Burdach für ein Gewicht von 80 Kilogr. auf 4 Kilogr. an, demnach auf etwa 5 Procent. Moleschott dagegen berechnet die Menge des Fettes für einen 30jährigen Mann von einem Körpergewicht von 63·65 Kilogr. (durchschnittliches Gewicht nach Quetelet) zu 1566 Grammes, demnach zu 2·5 Proc. des ganzen Körpergewichts. Die Vertheilung des Fettes in den verschiedenen thierischen Flüssigkeiten und Geweben macht nachstehende Tabelle übersichtlich, in der natürlich die Zahlen, wie in allen ähnlichen Fällen, nur ungefähre Werthe repräsentiren:

Mengenverhältnisse.

	Fett	
Schweiss	0·001	Procent
Glaskörper des Auges	0·002	„
Speichel	0·02	„
Lymphe	0·05	„
Synovia	0·06	„
Fruchtwasser	0·06	„
Chylus	0·2	„
Schleim	0·3	„
Blut	0·4	„
Knorpel	1·3	„
Knochen	1·4	„
Galle (des Menschen)	1·4	„
Krystalllinse	2·0	„
Leber (des Menschen)	2·4	„
Muskeln (des Menschen)	3·3	„
Haare	4·2	„
Milch	4·3	„
Hirnrinde	5·5	„
Gehirn als Ganzes	8·0	„
Hühnerei	11·6	„
Hirnmark	20·0	„
Nerven	22·1	„
Rückenmark	23·6	„
Fettgewebe	82·7	„
Knochenmark	96·0	„

Besonders massenhaft treten die Fette als Zelleninhalt im Fettgewebe, unter der Haut, in der Augenhöhle, um das Herz, in den Nieren und um dieselben auf.

Zustände im Organismus.

Zustände des Fettes im Organismus. In eigene Zellen eingeschlossen findet sich das Fett in dem Fettgewebe: grossen rundlichen 0·0149 bis 0·04‴ messenden Zellen mit Kernen von 0·003 bis 0·004‴, deren dünne Hülle einen einzigen Fetttropfen dicht zu umschliessen pflegt. Die Fettzellen liegen meistens in grösseren Gruppen beisammen und kommen in bindegewebigen Theilen von losem Gefüge, dem sogenannten formlosen Bindegewebe, vor. Der Inhalt dieser Fettzellen besteht aus Gemengen flüssiger und fester Glyceride, welcher bei der Temperatur des lebenden Körpers stets flüssig und ölartig erscheint. Das Sinken der Körperwärme nach dem Tode macht jedoch bei warmblütigen Wirbelthieren einen an festen Fetten überwiegend reichen Zelleninhalt nicht selten erstarren. Die Fettzellen verlieren dadurch ihre runden, prallen, zierlichen Gestalten und werden rauh und höckerig. Zuweilen findet sich ein Theil der Fette des Zelleninhalts dicht an der Oberfläche der Zelle krystallinisch abgeschieden, meist in feinen, sternförmig gruppirten Nadeln, unter Umständen ist wohl auch der ganze Zellinhalt krystallinisch erstarrt. Alkohol und Aether zieht den Inhalt aus der unverletzten Hülle vollständig aus. In schlecht genährten, ab-

gemagerten Leichen, ebenso auch in wassersüchtigen findet man Fettzellen, die nur zum Theil mit Fett, zum anderen Theile aber mit einer serösen Flüssigkeit erfüllt sind. Das Verhalten der Zellenmembran lässt sie der Substanz des elastischen Gewebes verwandt erscheinen.

Das Fettgewebe findet sich zunächst im subcutanen Bindegewebe, dem sogenannten Panniculus adiposus, jedoch nach den einzelnen Körperstellen in wechselnder Menge. Die Menge des Fettes ist jedoch bedeutenden Schwankungen unterworfen. So ist sie bei Frauen und Kindern durchschnittlich bedeutender als bei Männern, in den mittleren Jahren bedeutender, wie im Greisenalter. Anhaltendes Hungern, Ernährungsstörungen in Folge von Krankheiten und andere Verhältnisse haben rasches Schwinden des Fettes zur Folge, welches aber ebenso rasch nach Aufhebung der sein Verschwinden bedingenden Ursache wieder erscheint.

Bei höheren Graden der Fettleibigkeit, bei gemästeten Thieren finden sich Fettzellen auch an Stellen, wo sie sonst nicht vorkommen, so z. B. in dem weichen Bindegewebe zwischen den gestreiften Muskeln. Aehnliches beobachtet man auch wohl in längerer Zeit nicht gebrauchten Muskelparthieen. Zuweilen wird fettreiches Zellgewebe neu gebildet, wie in den Fettgeschwülsten oder Lipomen. Wie bereits weiter oben S. 168 erwähnt wurde, besteht das Fett des Thierkörpers vorzugsweise aus Tristearin, Tripalmitin und Triolein. Letzteres, bekanntlich ein flüssiges Glycerid, hält die beiden anderen an und für sich festen in Lösung. Von dem Vorwiegen des ersteren oder der letzteren ist aber auch die Consistenz des Fettes und das leichtere oder schwierigere Erstarren desselben nach dem Tode abhängig. Das Fettgewebe der Menschen, der fleischfressenden Thiere und der Dickhäuter enthält vorwiegend Palmitin und erscheint nach dem Erstarren von salbenartiger Consistenz, während es bei Wiederkäuern und Nagethieren mehr Stearin enthält und daher nach dem Erstarren die Consistenz zeigt, die man talgartig nennt. Das Fettgewebe der Fische und Cetaceen enthält ein überwiegend Olein enthaltendes Fett, was bei ihrem Aufenthalte im Wasser nöthig erscheint. Auch im Eidotter und der Leber und Milz ist das Fett, wenigstens zum Theil, in eigenthümlichen Zellen eingeschlossen. In Gestalt freier Fetttropfen suspendirt ist ein Theil des Fettes in der Lymphe, im Chylus und im Blute, in welch letzterem freies suspendirtes Fett in grösserer Menge namentlich kurz nach dem Genusse fettreicher Nahrung zu beobachten ist.

Nach Gewebsentzündungen der Leber und der Milz häuft sich endlich Fett, theils ausserhalb der Zellen dieser Organe, theils innerhalb derselben oft in sehr grossen Mengen an und giebt zur fettigen Degeneration dieser Organe Veranlassung.

Nach Allem, was wir über die Eigenschaften der Fette, worunter wir ausschliesslich die sogenannten Neutralfette verstehen und über die Zustände derselben im Thierkörper angeführt haben, bedarf

es wohl kaum einer besonderen Betonung, dass das thierische Fett, so lange es wirklich Fett und nicht in eine Seife verwandelt ist, nur zum geringsten Theile gelöst vorkommen kann, da ja Fette in Wasser und wässerigen Flüssigkeiten nicht löslich sind. Entweder ist es in kleinen Tröpfchen suspendirt, oder es ist in Zellen eingeschlossen. Ein kleiner Theil desselben kann durch die vorhandenen Seifen gelöst sein.

Abstammung.

Abstammung. Die Fette werden dem Thierkörper zum grossen Theile schon fertig gebildet durch die Nahrung zugeführt; dass aber das in der letzteren dem Organismus zugeführte Fett nicht immer hinreicht, um den Fettansatz des Körpers zu decken, somit nothwendiger Weise ein Theil desselben im Organismus selbst erst erzeugt werden muss, haben wir S. 33 bereits erwähnt. Vor Allem müssen wir aber betonen, dass mit der Erledigung der Hauptfrage auf statistischem Wege: mit dem Nachweise, dass unter gewissen Bedingungen die Fettzunahme des Thierkörpers durch das mit der Nahrung zugeführte Fett nicht gedeckt wird, sich von selbst weitere Fragen ergeben mussten, nämlich: 1) aus welchen Materien wird in solchen Fällen das Fett im Thierkörper erzeugt, 2) was ist der dabei stattfindende Vorgang und 3) wo geschieht diese Umwandlung. Alle diese Fragen aber harren noch ihrer definitiven Lösung und es sind nur durch Induction erschlossene Wahrscheinlichkeitsgründe, die für die am meisten vertretenen Ansichten sprechen, keineswegs aber directe experimentelle Beweise.

Für Fettbildung aus Kohlehydraten hat man insbesondere nachstehende Gründe geltend gemacht:

Gründe für die Fettbildung aus Kohlehydraten.

1) Statistische Versuche, aus denen sich ergiebt, dass bei Pflanzenfressern der Gehalt der Nahrung an fertig gebildetem Fett nicht hinreicht, um einerseits die Fettproduction des Thieres, und andererseits den Verlust an Fett in den Secretionen und Excretionen zu decken.

2) Versuche von Persoz und Boussingault an Schweinen, Enten und Kühen angestellt, die es wahrscheinlich machen, dass der aus dem Stärkemehl der Körnerfrüchte, der Kartoffeln u. s. w. entstehende Zucker, bei ausreichendem stickstoffhaltigen Material für die Zellenbildung, in dem Leibe der Thiere in Fett übergeführt wird.

3) Statistische Versuche an Schweinen von Lawes und Gilbert, aus welchen gefolgert wurde, dass die Fettproduction bei der Mästung dieser Thiere sich aus den stickstoffhaltigen Bestandtheilen der Nahrung allein nicht ableiten lässt, indem die letzteren dazu nicht ausreichen.

4) Die Erfahrung, dass die fettarmen Carnivoren Fett ansetzen, wenn sie mit Kohlehydraten gemischte Nahrung erhalten.

5) Die Fettbildung begünstigende Wirkung stärkemehlreicher Nahrung, des dextrinhaltigen Bieres u. s. w.

6) Die von Huber und Gundlach beobachtete Thatsache, dass Bienen, welche mit Zucker ausschliesslich gefüttert werden, Wachs zu produciren fortfahren, bekanntlich eine Substanz, die durch ihre chemische Constitution und ihre Eigenschaften den Fetten sehr nahe steht.

7) Die gesteigerte Fettproduction bei einem Missverhältniss der Lungencapacität und des Ernährungsprocesses, demnach als nächste Bedingung der Mangel an Sauerstoff, der die verbrennlichen Elemente der Respirationsmittel nicht bis zu den Endproducten zu verbrennen hinreicht.

8) Das Auftreten von Glycerin, demnach einem Componenten der Fette bei der geistigen Gährung des Rohrzuckers neben Alkohol, Kohlensäure und Bernsteinsäure (Pasteur).

So sehr nun diese Gründe für die Möglichkeit, ja für die Wahrscheinlichkeit einer Bildung der Fette aus Kohlehydraten sprechen, so fehlt doch immer noch ein stricter Beweis für die thatsächlich erfolgende Fettbildung aus Kohlehydraten, denn weder ist ein solcher für diesen Vorgang im lebenden Organismus geliefert, noch ist es bisher gelungen, Kohlehydrate ausserhalb des Organismus künstlich in Fett überzuführen. Streng genommen liefern alle diese Thatsachen nur den Beweis, dass der Körper nicht all sein Fett bereits fertig gebildet erhält, und machen eine Bildung eines Theiles desselben aus Kohlehydraten nicht unwahrscheinlich. Sie beweisen aber am Allerwenigsten, dass es ausschliesslich nur aus Kohlehydraten erzeugt wird, insofern es der Körper nicht schon in seiner Nahrung fertig gebildet erhält.

Für eine mögliche Bildung von Fett aus Eiweisskörpern sprechen:

Gründe für die Bildung von Fett aus Eiweisskörpern.

1) Die Bildung von Fettwachs (Adipocire) in Leichen, welches nach den Untersuchungen von Wetherill hauptsächlich Palmitinsäure enthält und zu 94 bis 97 Proc. aus festen fetten Säuren überhaupt besteht. Indem dieses Leichenwachs in den Leichen die Stelle aller früheren Weichtheile einnimmt und nicht selten auch noch die Form der früheren Gewebstheile zeigt, wird es mindestens wahrscheinlich, dass es seinen Ursprung einer Umwandlung der früheren Gewebe, namentlich der Muskeln, verdankt und sich sonach Albuminstoffe wirklich in Fett verwandeln können (Quain, Virchow); doch ist auch die Ansicht, dass das Leichenwachs nur rückständiges und verändertes Fett sei, nicht ohne Vertretung (Wetherill).

2) Die fettige Degeneration ganzer Organe, wobei eine Zufuhr des Fettes von aussen unwahrscheinlich ist. Strict beweist aber diese Degeneration doch wohl nur gesteigerte Fettbildung und Schwinden des ursprünglichen Gewebes, nicht aber eine Umwandlung des letzteren in Fett.

3) Die Degeneration lange Zeit unthätiger oder gelähmter Muskeln, wodurch dieselben reicher an Fett und ärmer an Muskelfibrillen werden. Die Beweiskraft dieses Factums ist nicht schlagender wie die des obigen.

4) Versuche an Thieren angestellt, denen zufolge in die Bauchhöhle lebender Thiere gebrachte Albuminstoffe nach längerer Zeit daselbst eingeschrumpft und in Fett verwandelt gefunden wurden (R. Wagner, Husson, Schrader u. A.). Allein später hat man gefunden, dass wenn die Albuminstoffe (Eiweiss, Krystalllinsen u. dergl.) in vollkommen schliessende Collodium- oder Kautschukkapseln eingeschlossen wurden, sie unverändert blieben und dass auch Stücke Holz, Hollundermark u. dergl., wenn man sie frei in die Bauchhöhle brachte, von Fettkapseln allmählich umgeben wurden, sich endlich Fett auch in die Zellen und Intercellularräume abgelagert hatte (Burdach). Demnach können auch diese Versuche die Frage nicht definitiv entscheiden.

5) Die absolute Vermehrung des Fettgehaltes des Herzens bei seiner fettigen Degeneration neben bedeutender allgemeiner Abmagerung (Böttcher). Gegen den unbedingten Werth dieser Beobachtung können dieselben Einwände erhoben werden, wie bei der fettigen Degeneration überhaupt und zwar gewinnen diese Einwände an Gewicht durch die Beobachtung von H. Weber, der bei fettiger Entartung des Herzens den Fettgehalt desselben nicht vermehrt fand und geneigt ist, die sogenannte fettige Entartung nicht auf eine wirkliche Fettumwandlung der Muskelfaser oder auf eine vermehrte Fettablagerung, sondern auf eine Rarefaction der Muskelsubstanz zurückzuführen.

6) Einige von F. W. Burdach angestellte statistische Versuche, die ergaben, dass der Fettgehalt der Eier von Limnaeus stagnalis während ihrer Entwickelung zu-, der Gehalt an Eiweisskörpern dagegen abnimmt. Leider wurden nur zwei Versuche angestellt, wodurch die Beweiskraft derselben sehr geschwächt wird. Es dürften aber auf diesem Wege noch die sichersten Anhaltspunkte gewonnen werden.

7) Beobachtungen von Blondeau über das Reifen des Roquefort-Käses, aus welchen sich ergiebt, dass der chemische Vorgang dabei durch eine fortwährende bedeutende Vermehrung des Fetts und Verminderung des Caseins charakterisirt ist. Diese Resultate wurden zwar später von Brassier bestritten, dagegen von Kemmerich im Wesentlichen bestätigt gefunden.

8) Die Thatsache, dass Kühe bei einem an Albuminstoffen reichen Futter fettreichere Milch geben, womit die von Ssubotin und Kemmerich an Hunden gemachte Beobachtung übereinstimmt, wonach Fleischnahrung den Buttergehalt der Milch erhöht, während Nahrung mit Fett oder mit Kohlehydraten die Milchsecretion sehr herabsetzt.

9) An Hunden angestellte Ernährungsversuche von L. W. Bischoff und C. Voit, Voit und Pettenkofer, welche ergaben, dass bei Fütterung mit Fleisch sämmtlicher Stickstoff desselben im Harn und Koth erschien, während vom Kohlenstoff beträchtliche Mengen in der Respiration und Perspiration nicht zum Vorschein kamen, sondern im Körper zurückblieben. Versuche von Weiske und Wildt an Omnivoren (Schweinen) angestellt,

ergaben, dass bei sehr eiweissarmen Futter die verdauten Eiweisskörper hinreichen können, um den Fleisch- und Fettansatz zu decken.

10) Auch bei Pflanzenfressern (Kühen) wären nach den Ergebnissen der von C. Voit angestellten Versuche die Kohlehydrate nicht als directes Material für die Fettbildung betheiligt. Er fand nach seinen Berechnungen der Stoffwechselbilanz, dass die im Körper zersetzten Albuminstoffe 144 Grm. Fett mehr erzeugen konnten, als in der Milch sich vorfand; es war demnach nicht einmal nöthig, für den Milchzucker die Kohlehydrate in Anspruch zu nehmen. Aehnliche Versuche von Kühn und Fleischer an Kühen, von Stohmann an Ziegen angestellt, gaben jedoch wesentlich abweichende Resultate. In den Versuchen Kühn's blieben für die Bildung der stickstofffreien Milchbestandtheile (Fett und Milchzucker) aus dem Eiweissumsatz nur so viel übrig, dass $^1/_3$ des vorhandenen Milchfettes gedeckt werden konnte, und es reichte der verdaute Theil des Nahrungsfettes und das umgesetzte Eiweiss zur Bestreitung der Fettausgabe in der Milch gerade hin. Zu ähnlichen Resultaten kamen Fleischer und Stohmann. Auch hier blieb der Milchzucker völlig ungedeckt, und mussten die Kohlehydrate des Futters zur Bilanz herangezogen werden.

Sind auch die Gründe für die Fettbildung aus Albuminstoffen nicht strict beweisend, so sind sie doch sehr gewichtig und es ist keine einzige Thatsache bekannt, welche die Möglichkeit ausschlösse, dass ein Theil des Fettes aus Albuminstoffen und ihren Derivaten in einer gewissen Periode ihrer Umsetzung gebildet werden könnte. Ernährungsversuche mit Stoffen, die einen Ueberschuss an Albuminstoffen und solchen, die einen Ueberschuss an Kohlehydraten enthielten, haben das Resultat geliefert, dass in beiden Fällen eine Zunahme an Fett stattfinden kann. Auch die Albuminstoffe liefern endlich bei mannigfachen Umsetzungen und bei der Fäulniss neben anderen Producten solche, welche man auf die Fette zurückführen kann, nämlich flüchtige Fettsäuren (Buttersäure, Baldriansäure etc.). Andererseits lässt sich nicht leugnen, dass gegenüber der früher vorhandenen Neigung, die Bedeutung der Kohlehydrate für die Fettbildung als etwas Ausgemachtes anzusehen, weshalb man sie auch schlechthin als Fettbildner bezeichnete, man gegenwärtig in das entgegengesetzte Extrem zu verfallen beginnt und nicht übel Lust zeigt, eine Bildung von Fetten aus Kohlehydraten geradezu in Abrede zu stellen.

Als Ausfluss der Neigung, alles Fett im Körper auf Spaltungen der Eiweissstoffe zurückzuführen, müssen wir Versuche betrachten, aus denen man folgerte, dass selbst das mit der Nahrung eingeführte Fett für den Fettumsatz im Körper nur geringe und indirecte Bedeutung habe (Ssubotin, Radziewjesky); dagegen ist mit Recht Fr. Hofmann aufgetreten, der durch seine Versuche nachwies, dass das Nahrungsfett allerdings in die Zellen des Thierkörpers in bedeutender Menge sich abzulagern vermöge, und das Fettwerden des Organismus nicht allein darauf beruhen

könne, dass aus Albuminstoffen abgespaltenes Fett in den Zellen liegen bleibe, sondern dass vielmehr das Nahrungsfett als solches dazu beitrage. In der That ist es schwer zu begreifen, wie man aus der Beobachtung, dass in dem Organismus fremde Fette (Rüböl, Erucafett, Walrath) nicht, oder nur spurenweise abgelagert werden, den Schluss ziehen mochte, dass sich die dem betreffenden Organismus eigenthümlichen Fette ebenso verhalten.

Verwandlungen im Organismus.

Verwandlungen der Fette im Organismus. Sowie die Albuminstoffe, verlassen auch die Fette den Organismus nur zum geringsten Theile als solche, der bei weitem grösste Theil derselben erleidet im Organismus sehr tiefgreifende Umwandlungen, so zwar, dass wir in den Excreten selbst nur selten ihren näheren Derivaten begegnen. Als solches verlässt Fett den Körper nur insoferne, als es Bestandtheil der Haare, der Epidermis und des Epitheliums, des Speichels, der Hautschmiere und anderer sich abschuppender Gebilde ist. Der oft, namentlich nach dem reichlichen Genusse fettreicher Nahrung bedeutende Fettgehalt der festen Excremente ist jedenfalls zum Theil auf Rechnung nicht assimilirten Fettes der Nahrung zu setzen, doch scheint der Fettgehalt der Excremente sich zu steigern, wenn mangelhafte Secretion der Galle stattfindet, oder der Zufluss derselben zum Darme verhindert oder aufgehoben ist. Der bei weitem grösste Theil der Fette wird aber, wie bereits bemerkt, soferne sie dem Stoffwechsel unterworfen sind, in andere Producte umgesetzt. Dies ist eine Thatsache, die durch zahlreiche physiologische und pathologische Verhältnisse zur Genüge constatirt ist. Es ist Jedermann bekannt, wie rasch das Fett in Folge von Krankheiten und beim Hungern verschwindet, ohne dass es sich als solches in den Ausscheidungen wiederfindet und ebenso bekannt ist es, dass alle jene Momente, welche den Gaswechsel in den Lungen und damit die Sauerstoffzufuhr steigern, wie z. B. viele Bewegung, das Fettwerden verhüten oder vermindern, während umgekehrt wenig Bewegung bei guter Nahrung Fettanhäufung veranlasst. Wir müssen daraus schliessen, dass die Fette unter der Einwirkung des eingeathmeten Sauerstoffs oxydirt und ihre Oxydationsproducte aus dem Körper fortgeführt werden. Allein dagegen, dass die Fette im Organismus und zunächst im Blute, direct zu Kohlensäure und Wasser verbrannt werden, sprechen zahlreiche Gründe und es kann nicht bezweifelt werden, dass sie, bevor sie in diese Endproducte der regressiven Stoffmetamorphose verwandelt sind, noch mancherlei intermediäre Umsetzungen erleiden, ja vielleicht noch zur Bildung anderer für die Lebensfunctionen unentbehrlicher Stoffe beitragen. Unter dieser Voraussetzung wird die sonst befremdend scheinende Thatsache erklärlich, dass Steigerung des Fettes in der Nahrung einen erhöhten Umsatz der stickstoffhaltigen Gewebs- und Säftebestandtheile hervorruft und dass die Kohlehydrate trotz ihres geringeren Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalts stärker auf die Herabsetzung des Stickstoffumsatzes wirken als die Fette, bei welchen neben einer herabsetzenden Wirkung

auch eine steigernde stattfindet. Dies kann am leichtesten so erklärt werden, dass die Kohlehydrate im Blute und den Geweben sogleich verbrannt werden, während das Fett noch intermediäre Umsetzungen erfährt. Das Fett macht noch Arbeit im Körper, und deshalb vermehrt es auch noch den Umsatz, um diese Arbeitskraft frei werden zu lassen (Bischoff und Voit).

Eine Veränderung der Fette im Organismus, welche so ziemlich allgemein angenommen wird, ist ihre Verseifung. Dieselbe soll im Blute und im Chylus vor sich gehen und demgemäss würden diese Ernährungsflüssigkeiten Seifen enthalten. Dagegen hat aber Röhrig geltend gemacht, dass Blutserum Kalksalze enthält, die sich mit den Seifen sofort in unlösliche Kalkseifen umsetzen müssten. In der That hat er gefunden, dass Seifenlösung im Blutserum sofort einen krystallinischen Niederschlag erzeugt. Auch hat ihm eine directe Prüfung des Blutes auf Seifen stets negative Resultate geliefert. Selbst wenn man aber die Beweiskraft der Röhrig'schen Versuche anerkennt, folgt daraus natürlich noch nicht, dass im Organismus Seifen überhaupt nicht gebildet werden und nicht vorkommen können.

Cl. Bernard hat die wichtige Beobachtung gemacht, dass die Fette unter der Einwirkung eines Fermentes der Bauchspeicheldrüse (s. w. u.) in freie Fettsäuren und Glycerin gespalten werden, woraus sich ergiebt, dass im Organismus auch freie Fettsäuren sich finden können. In der That hat man solche auch schon wiederholt in verschiedenen thierischen Flüssigkeiten aufgefunden. Es ist aber mit Recht hervorgehoben, dass man freie Fettsäuren meist nur in solchen thierischen Flüssigkeiten und Excreten (Eiter, hydropischen Transsudaten, Fäces) nachgewiesen hat, die bereits innerhalb oder ausserhalb des Organismus einen gewissen Grad von Zersetzung erlitten haben. Dabei kommt zu berücksichtigen, wie leicht neutrale Fette an der Luft eine partielle Zersetzung erleiden.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Die physiologische Bedeutung der Fette ist nach Allem, was wir über ihre Beziehungen im Organismus wissen, eine ebenso hervorragende als mannigfaltige. Ihr mechanischer Nutzen besteht darin, dass sie an den Stellen, an welchen sie in besonders reichlicher Menge in Gestalt des sogenannten Fettzellgewebes angehäuft sind, als gegen traumatische Einflüsse von aussen wirksames Polster, als Druckvertheiler und als Ausfüllungsmasse wirken, für welchen mechanischen Nutzen auch ihre chemische Indifferenz von Bedeutung erscheint, indem es hierdurch möglich wird, dass sich grössere Massen von Fett im Organismus ohne Störung anderer chemischer Processe anhäufen können. Nicht minder wichtig ist die Rolle, welche sie als schlechte Wärmeleiter spielen; in Folge ihres geringen Leitungsvermögens wirken sie der Wärmeausstrahlung des Thierkörpers entgegen, wenn die Wärmeregulatoren der Haut (Schweissdrüsen, Horngewebe, glatte Hautmuskeln) nicht mehr ausreichen, die Ausgleichung der Temperaturdifferenzen zwischen dem thierischen Körper und der

Aussenwelt zu verhindern; bemerkenswerth ist in dieser Hinsicht besonders die Ablagerung von Fett im Unterhautzellgewebe und an der Fusssohle. Ebenso ist es sicher, dass sie vermöge ihrer Eigenschaften die Gewebe, welche sie, wie Epidermis und Haare, durchtränken, geschmeidig machen und erhalten.

Vom chemischen Standpunkte ist vor Allem ihr histiogenetischer Charakter ins Auge zu fassen. So weit wir gegenwärtig noch davon entfernt sind, den Einfluss, welchen die Fette bei der Bildung der Gewebe ausüben, genau zu kennen, so sicher ist es, dass sie sich dabei in irgend einer Weise betheiligen. Denn überall, wo Zellenbildung, Bildung der Elementarorgane der Gewebe stattfindet, ist auch Fett zugegen.

Einen weiteren Fingerzeig für die physiologische Bedeutung der Fette vom chemischen Standpunkte giebt die Thatsache, dass bei Ernährungsstörungen, in Krankheiten, bei gesteigerter Arbeit und mangelhafter Nahrung, endlich beim Hungern das im Fettzellgewebe u. s. w. angehäufte Fett mehr oder weniger rasch verschwindet; dieses Fett ist bei Hungernden weder in den sparsamen Fäces noch im Urin nachweisbar, sein Kohlenstoff und Wasserstoff muss daher in Gestalt gasförmiger Verbindungen durch Haut und Lunge ausgetreten sein. Es unterliegt keinem Zweifel, dass es endgültig Kohlensäure und Wasser sind, die bei der Oxydation der Fette entstehen und es kann daher das Verschwinden des Fettes nur auf eine Oxydation desselben durch den Respirationsprocess zurückgeführt werden. Für diese Anschauung sprechen mannigfache Gründe, vor Allem die Bedingungen der Fettanhäufung im Thierkörper, des Fettwerdens, welche alle auf ein Missverhältniss des in der Nahrung zugeführten Fettes und der Thätigkeit der Lungen hinweisen und die Thatsache, dass beim Hungern ein fettreiches Thier weniger Fleisch umsetzt, wie ein fleischreiches, offenbar deshalb, weil die grössere Menge Fett mehr Sauerstoff in Anspruch nimmt und daher die Wirkung des letzteren auf die Umsetzung des Fleisches geringer wird (Bischoff und Voit). Durch diese Beziehungen wird das Fett als Material des Stoffwechsels zu einem sogenannten Respirationsmittel und zugleich zu einem mächtigen Factor der thierischen Wärme. Denn bei der Zusammensetzung der Fette, derzufolge sie als sehr kohlen- und wasserstoffreiche, aber sauerstoffarme Substanzen erscheinen, ist es eine physikalische Nothwendigkeit, dass sie bei ihrer Oxydation eine reichliche Menge von Wärme frei machen müssen. In diesem Sinne hat im Körper angehäuftes Fett die Bedeutung von angesammeltem Brennmaterial.

Gute Abbildungen von mikroskopischen Krystallformen krystallisirter Fette, Palmitin, Palmitinsäure, Stearin und Stearinsäure finden sich bei Funke: Atl. 2te Aufl. Taf. VI, Fig. 4, 5 und 6.

Cerebrin.

$C_{17} H_{33} N O_3$.

In 100 Theilen: Kohlenstoff 68·23, Wasserstoff 11·04, Stickstoff 4·68, Sauerstoff 16·05.

Literatur: Vauquelin: Ann. Chim. T. 81, p. 37 u. 60. — Couërbe: Ann. Chim. Phys. T. 56, p. 164. — Fremy: Journ. Pharm. T. 27, p. 457. — W. Müller: Ann. Chem. Pharm. CV, 365. — Liebreich: Arch. f. pathol. Anat. XXXIX. — Diakonow: Med. Centralbl. 1868. Nro. 7. — E. Bourgoin: Bullet. de la soc. chim. de Paris 1874, I, p. 482.

Cerebrin. Blendend weisses, lockeres, sehr leichtes Pulver, unter dem Mikroskope sphärische Molecüle darstellend, geruch- und geschmacklos, sich schon bei 80° C. unter Bräunung zersetzend, stärker an der Luft erhitzt, mit rother russender Flamme verbrennend. Unlöslich in Wasser, kaltem Alkohol und Aether, löslich in kochendem Alkohol und Aether. Seine Lösungen reagiren neutral. In kochendem Wasser quillt es wie Stärke auf und giebt eine Emulsion. Verdünnte Säuren und Alkalien verändern es sofort nicht; längere Zeit aber mit Säuren gekocht, spaltet es sich in einen zuckerähnlichen, linksdrehenden, aber nicht gährungsfähigen Körper und andere nicht näher untersuchte Producte.

Darstellung. Darstellung. W. Müller stellte das Cerebrin aus Gehirn dar, indem er selbes mit Barytwasser zu einer dünnen Milch zerrieb und das sich ausscheidende Coagulum mit siedendem Alkohol behandelte. Aus dem kochendheiss filtrirten alkoholischen Auszuge schied sich ein Gemenge von Cholesterin und Cerebrin nebst anderen nicht näher studirten Stoffen aus, welches zur Entfernung des Cholesterins wiederholt mit kaltem Aether behandelt wurde. Das ungelöst bleibende Cerebrin wurde durch wiederholte Behandlung mit kochendem Alkohol gereinigt.

Vorkommen. Vorkommen. Das Cerebrin wurde bisher im Gehirn und Nervenmarke, so wie in den Eiterzellen nachgewiesen; ob es auch im Eidotter enthalten ist (Gobley), erscheint noch zweifelhaft.

Ueber seine Umwandlungen im Organismus und seinen Austritt befinden wir uns völlig im Dunklen. Ebenso ist uns eine andere physiologische Bedeutung desselben wie jene, Hauptbestandtheil des Nervengewebes zu sein, nicht bekannt.

Ein von Bourgoin aus Gehirn dargestellter und als Cerebrin bezeichneter Körper ist von dem soeben beschriebenen Cerebrin verschieden. Er ist zwar wie letzteres phosphorfrei, stimmt aber im Uebrigen in seiner Zusammensetzung mit den weiter unten zu erwähnenden Protagon überein.

Lecithin.

Literatur: Gobley: N. J. Ph. IX, 183, 161; XI, 409; XII, 5. 17. 401; XVIII, 107; XIX, 406; XXI, 241; XXX, 241; XXXIII, 161. — Liebreich: Ann. Ch. Pharm. CXXXIV, 29. — Hoppe-Seyler: Med. chem. Untersuch. I, 215. 140. 162. — Diakonow: Med. chem. Untersuch. I, 221. 405. — Strecker: Ann. Chem. Pharm. CXLVIII, 77. — L. Hermann: Müller's Arch. 1866. 33. — Jüdell: Med. chem. Untersuch. I, 386. — Tolmatscheff, Ebenda. 272. — Hoppe-Seyler: Arch. f. Physiol. VII, 409.

Lecithin.

Undeutlich krystallinische, wachsähnliche Masse, leicht schmelzbar, in Wasser wie Stärke aufquellend, ohne sich darin zu lösen, leicht löslich in Alkohol und Aether, Chloroform, Benzol, Schwefelkohlenstoff und fetten Oelen. Beim Erhitzen zersetzt es sich, fängt Feuer und hinterlässt phosphorsäurehaltige Kohle. Verbindet sich mit Platinchlorid und mit Säuren. Ist überhaupt leicht zersetzbar. Kocht man seine weingeistige Lösung für sich, besser aber noch mit Säuren, oder mit Basen, so zerfällt es in Neurin: $C_5 H_{15} N O_2$, und Glycerinphosphorsäure: $C_3 H_9 P O_6$. Wird zur Zersetzung Barythydrat angewendet, so scheiden sich ausserdem die Baryumsalze der Stearinsäure event. Palmitinsäure aus. Bei der Fäulniss entstehen aus dem Lecithin ebenfalls Neurin und Glycerinphosphorsäure, von welchen ersteres leicht weiter in Trimethylamin zerfällt.

Constitution.

Nach diesen Umsetzungen kann man das Lecithin als das Neurinsalz einer Glycerinphosphorsäure betrachten, in welcher 2 Atome extraradicalen (dem Alkoholreste angehörigen) Wasserstoffs durch die Radicale fetter Säuren ersetzt sind. Die rationellen Formeln des Neurins und der Glycerinphosphorsäure aber müssen geschrieben werden:

$$N^{v} \begin{cases} C H_2 C H_2 O H \\ C H_3 \\ C H_3 \\ C H_3 \\ O H \end{cases} \qquad C_3 H_5''' \begin{cases} O H \\ O H \\ O P O \begin{cases} O H \\ O H \end{cases} \end{cases}$$

Neurin — Glycerinphosphorsäure

Bezeichnen wir mit R' Radicale einwerthiger Fettsäuren, so ergiebt sich für das Lecithin die Structurformel:

$$C_3 H_5 \begin{cases} O R' \\ O R' \\ O P O \begin{cases} O N (C H_3)_3 \\ \quad | \\ O C_2 H_4 \end{cases} \end{cases}$$

Die Säureradicale scheinen im Lecithin wechseln zu können. Man hat nämlich bei seiner Zersetzung Stearinsäure, aber auch Palmitinsäure

und Oelsäure erhalten, und scheint es demnach verschiedene Lecithine zu geben. Am häufigsten scheinen die Lecithine mit dem Stearinsäureradical, und jene mit dem Palmitinsäure- und Oelsäureradical zu sein. Die empirischen Formeln dieser beiden Lecithine wären $C_{44}H_{90}NPO_8$ und $C_{42}H_{82}NPO_8$, und ihre rationellen:

$$C_3H_5''' \left\{ \begin{array}{l} O(C_{18}H_{35}O)' \\ O(C_{18}H_{35}O)' \\ OPO \left\{ \begin{array}{l} ON(CH_3)_3 \\ \quad | \\ OC_2H_4 \end{array} \right. \end{array} \right. \qquad C_3H_5''' \left\{ \begin{array}{l} O(C_{16}H_{31}O)' \\ O(C_{18}H_{33}O)' \\ OPO \left\{ \begin{array}{l} ON(CH_3)_3 \\ \quad | \\ OC_2H_4 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Stearinlecithin . Palmitin-Oleïnlecithin

Sehr wahrscheinlich jedoch existiren verschiedene andere Lecithine, je nach den bei ihrer Bildung concurrirenden fetten Säuren.

Darstellung.

Darstellung. Das passendste Material zur Darstellung des Lecithins sind die Eidotter. Dieselben werden so lange mit Aether partienweise geschüttelt, als letzterer sich noch deutlich gelb färbt. Der Rückstand wird mit Wasser in grossem Ueberschusse gefällt, der Niederschlag rasch ausgewaschen, ausgepresst, mit Alkohol bei 50 bis 60^0 extrahirt, das Extract so schnell als möglich zum Syrup verdunstet, der so erhaltene Syrup in möglichst wenig absolutem Alkohol gelöst und das Filtrat einer Kälte von — 5^0 bis — 20^0 12 bis 24 Stunden lang im bedeckten Glase ausgesetzt. Das sich in runden Körnchen, seltener in feinen Krystallblättchen ausscheidende Lecithin wird in der Kälte abfiltrirt, schnell ausgepresst und im luftverdünnten Raume über Schwefelsäure getrocknet (Hoppe-Seyler).

Vorkommen.

Vorkommen. Reichliche Mengen von Lecithin finden sich im Gehirne und Nervenmarke, im Eidotter, dem Sperma und den Eiern von Fischen (Caviar); ausserdem wird das Vorkommen desselben im Blute (L. Hermann, Jüdell), in der Milch (Tolmatscheff), im thierischen Samen überhaupt (Miescher), in dem elektrischen Organ des Torpedos, im Eiter, in Papillar- und anderen Geschwülsten, in der Galle behauptet (Hoppe-Seyler); seine Gegenwart überhaupt überall da angenommen, wo phosphorhaltige Fette nachgewiesen sind.

Ueber Abstammung, Umwandlungen, Austritt und physiologische Bedeutung des Lecithins befinden wir uns völlig im Dunkeln.

Protagon.

Protagon. Durch Behandlung des mit Wasser zu Brei zerrührten Gehirnes mit Aether bei 0^0, Entfernung des Aethers, Lösen des Rückstandes in Alkohol von 85 Proc. bei + 45^0 im Wasserbade, Erkälten der Lösung auf 100^0 und Auswaschen des flockigen Niederschlags mit Aether wurde von Liebreich ein stickstoff- und phosphorhaltiger Körper dargestellt, den er Protagon nannte und für den Hauptbestandtheil des Gehirns erklärte, der aber nach den Untersuchungen von Hoppe-Seyler, Diakonow und Strecker ein Gemenge von Cerebrin und Lecithin zu sein scheint. Liebreich berechnet für das Protagon die Formel $C_{116}H_{241}N_4PO_{22}$, welche 1·5 Proc. Phosphor verlangt. Liebreich fand 1·1 bis 1·5 Proc.

Chitin.

$C_9 H_{15} N O_6$.

In 100 Theilen: Kohlenstoff 46·32, Wasserstoff 6·40, Stickstoff 6·14, Sauerstoff 41·14.

Literatur: Odier: Mém. de la soc. d'hist. nat. de Paris. 1833. T. I, p. 29. — Lassaigne: Compt. rend. XVI, 1087. — Payen: Compt. rend. XVII, 227. — C. Schmidt: Zur vergl. Physiologie der Wirbellosen. 1845. S. 34. — Schlossberger: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. XCVIII, S. 105. 115. — G. Städeler: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXI, S. 21. — Berthelot: Journ. de Physiol. T. II, p. 577. — Peligot: Compt. rend. XLVII, 1034. Lücke: Arch. f. path. Anat. Bd. XIX, S. 189. O. Bütschly: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874. 3. Hft. S. 362.

Chitin.

Rein dargestellt ist das Chitin ein weisser, amorpher, zuweilen durchscheinender Körper, welcher in der Regel die Form des Gewebes zeigt, aus welchem er dargestellt wurde. Das Chitin ist unlöslich in Wasser, Essigsäure, Alkalien, in Aether, Weingeist und verdünnten Mineralsäuren. Längere Zeit mit Schwefelsäure gekocht liefert es Ammoniak und Zucker. Concentrirte Salpetersäure oder Salzsäure löst es ohne Färbung; in dieser Lösung bewirkt Gerbsäure nach der Neutralisation mit Ammoniak einen Niederschlag. Bei der trocknen Destillation schmilzt es nicht und hinterlässt eine Kohle von der Form des ursprünglichen Gewebes, es giebt ferner trotz seines Stickstoffgehaltes saure Destillationsproducte.

Vorkommen.

Vorkommen. Das Chitin ist mit Bestimmtheit in den Körperdecken der Gliederthiere und den Anhängen dieses Ueberzugs (Stacheln, Schuppen, Haare), ferner in den Auskleidungen der offenen Körperhöhlen der *Arthropoden* (Tracheen, Darm) nachgewiesen. Wahrscheinlich ist es aber auch noch bei anderen wirbellosen Thieren vorhanden und Lücke hat gezeigt, dass die Mutterblasen der Echinococcen aus einer dem Chitin in Eigenschaften und Zusammensetzung mindestens sehr ähnlichen Substanz bestehen.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Das Chitin ist Gewebsbestandtheil und trägt als solches zur Eigenartigkeit der betreffenden Gewebe das Meiste bei, was sich zur Genüge daraus ergiebt, dass durch die Reindarstellung des Chitins nicht selten die Form der Thiere oder einzelner Organe vollkommen erhalten bleibt.

Abstammung.

Abstammung. Ueber die Art der Bildung des Chitins im Organismus vom chemischen Standpunkte wissen wir nichts Positives, wie denn auch seine Constitution durchaus nicht klargelegt ist. Bütschly hat die nicht schlechthin von der Hand zu weisende Vermuthung ausgesprochen, dass das Chitin kein Glycosid im eigentlichen Sinne, son-

dern vielmehr ein Kohlehydrat der Formel $C_6 H_{10} O_5$ als Componenten enthalte, aus dessen weiterer Umwandlung durch Säuren der Zucker erst hervorgehe.

Ueber die Umwandlungen des Chitins sowie über seinen Austritt wissen wir ebenfalls nichts.

Die physiologische Bedeutung des Chitins ist eine ähnliche wie die des Horngewebes.

Cellulose.

$C_6 H_{10} O_5$.

Literatur: C. Schmidt: Zur vergl. Physiol. der Wirbellosen 1845. S. 62. — Löwig u. Kölliker: Ann. des scienc. nat. 1846. T. V, p. 194. — Payen: Ann. d. scienc. nat. 3me sér. V. — Schacht: Müller's Arch. 1851. 185. — Schlossberger: Vers. ein vergl. Thierchemie 251. — Berthelot: Ann. Chim. Phys. LVI, 149. — Schäfer: Ann. Chem. u. Pharm. CLX, 312.

Cellulose.

Die Cellulose besitzt je nach den Stoffen, aus denen sie dargestellt wurde, ein abweichendes äusseres Ansehen und kommt mit dem Chitin darin überein, dass sie so wie dieses im gereinigten Zustande gewöhnlich noch die Form des Gewebes zeigt, welches zu ihrer Bereitung diente.

Im Allgemeinen ist die rein dargestellte Cellulose weiss, geschmack- und geruchlos, unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, fetten und flüchtigen Oelen, verdünnten Säuren und verdünnten Alkalien. Bei der trocknen Destillation giebt sie saure Destillationsproducte. Durch Kochen mit Schwefelsäure geht sie in Traubenzucker über. Salpetersäure erzeugt explodirende Nitrokörper, Jod färbt die Cellulose violettblau.

Vorkommen.

Vorkommen. Die Cellulose, wie bekannt im Pflanzenreiche von allgemeiner Verbreitung, wurde im Thierreiche bisher nur auf den untersten Stufen desselben aufgefunden. Bisher wurde sie im Mantel der *Phallusia mammillaris*, in der knorpeligen Hülle der einfachen *Ascidien*, in dem lederartigen Mantel der *Cynthien*, endlich im äusseren Rohre der *Salpen* nachgewiesen. Nach den Untersuchungen von Löwig und Kölliker scheint das Vorkommen der Cellulose bei den Wirbellosen auf die *Tunicaten* beschränkt zu sein. Berthelot erklärte die Hauptsubstanz des Mantels der *Tunicaten* trotz ihrer mit jener der Cellulose übereinstimmenden Zusammensetzung für eine eigenthümliche Verbindung und nannte sie *Tunicin*. Nach den Untersuchungen von Schäfer jedoch stimmt das Tunicin nicht nur in seiner Zusammensetzung, sondern auch in allen wesentlichen Eigenschaften so vollständig mit Cellulose überein, dass von einer Verschiedenheit nicht wohl mehr die Rede sein kann. Höchstens unterscheidet sich die Thiercellulose von der Pflanzencellulose durch eine etwas grössere Resistenz gegen chemische Agentien (Schäfer).

Tunicin.

Ueber den Ursprung und die sonstigen physiologisch-chemischen Beziehungen der Cellulose im Thierreiche sind wir vollständig im Dunkeln.

Dritte Gruppe.

Im Organismus selbst durch Desassimilation erzeugte Verbindungen.

Wir zerfällen diese Gruppe in zwei Unterabtheilungen:

I. Producte secretbildender Processe und intermediärer Spaltungen.

II. Producte der eigentlich regressiven Stoffmetamorphose.

I. Producte secretbildender Processe und intermediärer Spaltungen.

Gallensäuren und ihre Spaltungsproducte.

Literatur: Liebig: Thierchemie, S. 69 u. ff. — Lehmann: Lehrbuch d. physiol. Chem. 2te Aufl. Bd. I, S. 251. II, S. 74 u. ff. 102. — Derselbe: Zoochemie. 1858, S. 59 u. ff. — Derselbe: Handb. d. phys. Chem. 1859. S. 69. 264. — Donders: Physiologie. 1856. I, S. 238. — Bidder u. Schmidt: Verdauungssäfte u. Stoffwechsel, S. 54. 237 u. an versch. Stellen. — C. Schmidt: Charakteristik d. epid. Cholera. 1850, S. 163. — Schellbach: De bilis functione ope fistulae vesicae felleae indagata. Dissert. Dorpati. 1850. — Kunde: De hepatis ranar. exstirpatione. Berol. 1850. — Meckel: Müller's Arch. 1846. — Leidy: American. Journ. of the med. science. Jan. 1848. — Moleschott: Arch. für physiol. Heilkunde. XI, S. 479. — H. Nasse: Commentatio de bilis quotidie a cane secreta copia et indole. Progr. Marburgi. 1851. — Fr. Arnold: Zur Physiol. der Galle 1854. — Kölliker u. H. Müller: Verhandl. der phys. med. Gesellsch. zu Würzburg. V, S. 222 u. 2ter Bericht über die $18^{54}/_{55}$ in der physiol. Anst. der Universität Würzburg angest. Versuche 1856. — Schottin: Arch. für physiol. Heilkunde. 2te R. II, S. 336. — Frerichs und Städeler: Mittheil. der naturforsch. Gesellsch. in Zürich. IV, S. 100. — W. Kühne: Arch. f. path. Anat. XIV, S. 310. — Neukomm: Mittheil. der naturforsch. Gesellsch. in Zürich. März 1860, auch Annal. d. Chem. u. Pharm. CXVI, S. 30. — Hoppe-Seyler: Arch. f. path. Anat. XIII, S. 101. — Derselbe: Arch. f. path. Anat. XXIV, S. 1. Chem. Centrabl. 1862, 273. — Derselbe: Arch. f. path. Anat. XXI, S. 181. — Derselbe: Arch. f. path. Anat. XXVI, S. 519. 628. — Derselbe: Journ. f. prakt. Chem. LXXXIII, S. 83. Juni 1863; Chem. Centralbl. 1863, S. 753. — Derselbe: Journ. f. prakt. Chem. LXXXIX, 1863. August, S. 257; Chem. Centralbl. 1864, S. 129. — A. Röhrig: Ueber den Einfluss der Galle auf die Herzthätigkeit. Dissert. Würzburg 1863; Arch. d. Heilkunde. 1863, S. 385. — Schultzen: Arch. f. Anat. u. Phys. 1863. 2tes Hft. S. 204. — Chrzonszcewsky u. Kühne: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1864, S. 593. — E. Bischoff: Zeitschr. f. rat. Med. N. F. Bd. XXI, S. 125. — H. Huppert: Arch. f. Heilkunde. Bd. V, S. 236. — Horace Chase: Arch. f. Anat. u. Phys. 1863. Hft. 3, S. 392. — Gorup-Besanez: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXXV,

S. 218. — Parke: Tüb. med. chem. Untersuch. I, 160. — Heintz u. Wislicenus: Poggend. Ann. CVIII, S. 547. — R. Otto: Zeitschr. f. Chem. 1867, 690; 1868, 633. — Alfr. Vogel u. Dragendorff: Zeitschr. f. anal. Chem. XI, 467. — Naunyn: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868. — Fudakowski: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1869. 129. — J. Höne: Anwesenheit von Gallensäuren im physiol. Harn. Dissert. Dorpat 1873. — Külz: Allgem. med. Centralz. 1875. Nr. 57. — Hüfner: Journ. f. prakt. Chem. N. F. X, 267. — Socoloff: Arch. f. Physiol. XI, 166. — Baumstark: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VI, 1185. 1377. — Tappeiner: Ebend. 1235. — Kunkel: Arch. f. Physiol. XIV, 353.

Die Galle der meisten Wirbelthiere enthält die Natriumsalze zweier stickstoffhaltiger Säuren, von welchen die eine schwefelhaltig ist, die andere nicht, und die beide unter der Einwirkung gewisser Agentien in einen stickstoffhaltigen Paarling und in eine stickstofffreie Säure zerfallen, die bei beiden Gallensäuren identisch ist, während die dabei sich abspaltenden stickstoffhaltigen Substanzen verschieden sind. Die Gallensäuren sind Amidosäuren complexerer Constitution.

Glykocholsäure: $C_{26}H_{43}NO_6$.

Glykocholsäure.

Haarfeine, farblose, glänzende Nadeln, schwer löslich in kaltem, leicht in kochendem Wasser und in Alkohol, wenig in Aether. Die wässerige Lösung schmeckt anfangs süss, hinterher aber intensiv bitter und röthet Lackmus. Die alkoholischen Lösungen zeigen starke rechtsseitige Polarisation und es beträgt die specifische Drehung für gelbes Licht $+ 29^0$. Aus den alkoholischen Lösungen scheidet sie sich beim Verdunsten als harzartige Masse aus. Beim Erhitzen schmilzt sie und wird zersetzt.

In concentrirter Schwefelsäure gelöst, scheidet sie beim Erwärmen einen amorphen, in Wasser unlöslichen, in Alkohol löslichen Niederschlag ab: Cholonsäure, $C_{26}H_{41}NO_5$. Längere Zeit mit concentrirter Schwefelsäure behandelt, geht sie in Stoffe über, die gleich den Chromogenen die Eigenschaft besitzen, durch Sauerstoffaufnahme aus der Luft sich zu färben.

Durch Barytwasser spaltet sich die Glykocholsäure in Cholsäure: $C_{24}H_{40}O_5$, und Amidoessigsäure: $C_2H_5NO_2$, wobei 1 Mol. Wasser aufgenommen wird:

$$\underset{\text{Glykocholsäure}}{C_{26}H_{43}NO_6} + H_2O = \underset{\text{Cholsäure}}{C_{24}H_{40}O_5} + \underset{\text{Amidoessigsäure}}{C_2H_5NO_2}$$

Von den neutral reagirenden glykocholsauren Salzen sind die mit alkalischer und alkalisch-erdiger Basis in Wasser und Alkohol leicht löslich, die mit schweren Metallen meist unlöslich.

Das glykocholsaure Natrium, dasjenige Salz, welches in der Galle vorkommt, scheidet sich aus alkoholischen Lösungen auf Zusatz von

Aether in grossen glänzenden, strahlenförmig-gruppirten Nadeln ab. Die specifische Drehung seiner alkoholischen Lösung ist für gelbes Licht + 25·7°. Abbildungen bei Funke: Atl. 2te Aufl. Taf. VIII, Fig. 5 u. 6.

Darstellung.

Ochsengalle, wie sie aus der Blase kommt, wird in einem engen Cylinder mit etwas Aether geschüttelt und hierauf mit starker Salzsäure versetzt (auf 40 cbcm Galle nicht mehr wie 2 cbcm Salzsäure), wobei die ganze Flüssigkeit bald zu einem Krystallbrei erstarrt. Man giesst nach beendigter Krystallisation den Aether ab, schüttelt die rückständigen Krystalle mit Wasser, wirft sie auf ein Filter, wäscht sie mit kaltem Wasser so lange aus, bis das Filtrat farblos abläuft, und krystallisirt die Säure aus siedend heissem Wasser um (G. Hüfner). Dazu ist zu bemerken, dass es häufig nicht gelingt, aus der Ochsengalle Glykocholsäure darzustellen.

Taurocholsäure: $C_{26}H_{45}NO_7S$.

Taurocholsäure.

Feine seidenglänzende Nadeln, die an der Luft rasch zerfliessen und auch unter Aether getrocknet, allmählich in eine durchsichtige amorphe Masse übergehen. Löslich in Wasser und Alkohol, unlöslich in Aether. Die alkoholischen Lösungen sind dextrogyr (specif. Drehung ungefähr + 25°) und reagiren, sowie auch die wässerigen sauer. Beim Erhitzen auf Platinblech verbrennt sie ohne Rückstand. Längere Zeit in Pulverform der Luft ausgesetzt, löst sie sich nicht mehr vollkommen in Wasser auf und ist überhaupt sehr leicht zersetzbar.

Mit Barytwasser gekocht, zerfällt die Taurocholsäure unter Wasseraufnahme in Cholsäure: $C_{24}H_{40}O_5$, und Taurin: $C_2H_7NO_3S$:

$$\underset{\text{Taurocholsäure}}{C_{26}H_{45}NO_7S} + H_2O = \underset{\text{Cholsäure}}{C_{24}H_{40}O_5} + \underset{\text{Taurin}}{C_2H_7NO_3S}$$

Die taurocholsauren Salze sind neutral, nur die mit alkalischer Basis sind in Wasser und Alkohol leicht löslich. Längere Zeit mit Aether in Berührung krystallisiren sie. Aus einem Gemenge von glykochol- und taurocholsauren Salzen fällt verdünnte Schwefelsäure nur die Glykocholsäure aus, während die Taurocholsäure aufgelöst bleibt. Durch Bleizucker wird aus einem solchen Gemenge ebenfalls nur die Glykocholsäure gefällt, aus dem Filtrate wird aber die Taurocholsäure durch Bleiessig niedergeschlagen. Auf diesem Verhalten beruhen die Methoden zur Trennung der beiden Säuren.

Darstellung.

Darstellung. Zur Darstellung der Taurocholsäure ist Hundegalle am Geeignetsten. Man dampft dieselbe ein, extrahirt den Rückstand mit Alkohol, entfärbt durch Thierkohle, dampft abermals ein, nimmt in Alkohol auf und versetzt mit viel Aether; der dabei sich bildende krystallinische Absatz wird in Wasser gelöst, mit Bleiessig und Ammoniak gefällt, der Niederschlag mit Alkohol ausgekocht, das kochendheisse Filtrat mit Schwefelwasserstoff behandelt, das Filtrat vom Schwefelblei auf ein kleines Volumen verdunstet, und die Taurocholsäure durch einen grossen Ueberschuss von Aether gefällt (Parke).

Verhalten der Lösungen der gallensauren Salze.

Die Lösungen der glyko- und taurocholsauren Alkalien, sowie sie in der Galle vorkommen, schäumen beim Schütteln ähnlich wie Seifenlösungen und haben einen nachhaltig und intensiv bitteren Geschmack. Sie lösen Blut- und Eiterzellen, emulgiren Fette und haben ein nicht unbedeutendes Lösungsvermögen für Cholesterin. Mit thierischen Fermenten zerlegen sie sich in ganz analoger Weise, wie bei der Behandlung mit Säuren und mit Alkalien: die Glykocholsäure zerfällt dadurch in Cholsäure und Glycin, welches letztere aber rasch weiter in Ammoniak und Essigsäure zerfällt; die Taurocholsäure liefert Cholsäure und Taurin. Die Cholsäure ist bei dieser Zersetzung in einer gewissen Periode durch Choloidinsäure ersetzt. Aus den concentrischen alkoholischen Lösungen werden sie durch Aether gefällt und der anfangs pflasterartige Niederschlag verwandelt sich nach längerem Stehen in einen Krystallbrei (krystallisirte Galle).

Krystallisirte Galle.

Die Lösungen der glyko- und taurocholsauren Alkalien ebenso, wie jene der freien Gallensäuren geben mit Zucker (am Besten Rohrzucker) und Schwefelsäure versetzt, eine rein und intensiv purpurrothe Flüssigkeit (Pettenkofer'sche Gallenreaction).

Nachweis der Gallensäuren.

Man benutzt diese Reaction, um die Gegenwart der Gallensäuren in thierischen Flüssigkeiten nachzuweisen. Soll die Reaction aber beweisend sein, so muss die gleichzeitige Anwesenheit von Eiweisskörpern und Oelsäure ausgeschlossen sein, da diese eine ähnliche Reaction geben. Sicherer und auch bei Gegenwart von Oelsäure, Neutralfetten, Cholesterin und Eiweisskörpern gelingt der Nachweis mittelst einer Modification des Pettenkofer'schen Verfahrens: man bringt einen Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit in ein flaches Porcellanschälchen, mischt eine Spur einer Rohrzuckerlösung hinzu und versetzt mit einem Tropfen verdünnter Schwefelsäure. Beim gelinden Erwärmen der Mischung tritt sofort die purpurrothe Färbung auf (E. Bischoff).

In der Galle des Schweines und der Gans finden sich die nachstehenden noch wenig studirten Gallensäuren:

Hyoglykocholsäure.

Hyoglykocholsäure: $C_{27}H_{43}NO_5$. Weisse, harzige, in kochendem Wasser schmelzende Masse, leicht in Alkohol, aber nicht in Wasser und Aether löslich. Verhält sich im Uebrigen ähnlich wie die anderen Gallensäuren. Durch Säuren und Alkalien zerfällt sie unter Wasseraufnahme in Hyocholsäure: $C_{25}H_{40}O_4$ und Glycin: $C_2H_5NO_2$.

Die hyoglykocholsauren Salze sind amorph. Die hyoglykocholsauren Alkalien sind in Wasser löslich, werden aber aus ihren Lösungen durch concentrirte Salzlösungen gefällt.

Hyotaurocholsäure.

Hyotaurocholsäure: $C_{27}H_{45}NO_6S$? Noch nicht genau studirt. Zerfällt leicht in Hyocholsäure und Taurin, und ist demnach der Taurocholsäure vollkommen analog.

Chenotaurocholsäure.

Chenotaurocholsäure: $C_{29}H_{49}NO_6S$? Noch wenig studirt. Spaltet sich unter Wasseraufnahme leicht in Chenocholsäure: $C_{27}H_{44}O_4$ und Taurin: $C_2H_7NO_3S$.

Harzige Spaltungsproducte der Gallensäuren.

Cholsäure (syn. Cholalsäure): $C_{24}H_{40}O_5$.

Cholsäure.

Spaltungsproduct der Glyko- und Taurocholsäure unter der Einwirkung von Säuren, Alkalien und Fermenten. Wasserklare, beim Liegen an der Luft verwitternde tetraëdrische Krystalle von intensiv bitterem, hinterher süsslichem Geschmack, in Wasser wenig, dagegen ziemlich leicht in Alkohol und Aether löslich. Aus den ätherischen Lösungen in vierseitigen Prismen krystallisirt, enthält sie 1 Mol. Krystallwasser; aus den alkoholischen in tetragonalen Octaëdern oder Tetraëdern krystallisirend $2\frac{1}{2}$ Mol. Ihre Lösungen zeigen rechtsseitige Circumpolarisation und zwar beträgt die specifische Drehung der alkoholischen Lösung der Säure mit $2\frac{1}{2}$ Mol. Krystallwasser für gelbes Licht $+ 35^0$, jene des Natriumsalzes nur $+ 31{\cdot}4^0$. Treibt die Kohlensäure aus den kohlensauren Alkalien beim Erwärmen aus und wird beim Erhitzen zersetzt. Ihre Lösungen geben mit Zucker und Schwefelsäure die Gallenreaction. Die cholsauren Alkalien sind leicht löslich und krystallisirbar, die übrigen Salze schwer löslich.

Mikroskopische Abbildungen bei Funke: Atl. 2te Aufl. Taf. VIII, Fig. 4.

Choloidinsäure: $C_{24}H_{38}O_4$.

Choloidinsäure.

Harzartige, amorphe, in kochendem Wasser schmelzbare Masse, unlöslich in Wasser, wenig löslich in Aether, aber leicht in Alkohol. Ihre Salze sind amorph. Giebt die Gallenreaction.

Die Choloidinsäure entsteht aus der Cholsäure durch Behandlung derselben mit Säuren, oder durch Erhitzen bis auf 200^0 C. Wird auch bei der Fäulniss der Galle gebildet.

Cholsäure und Choloidinsäure geben mit Salpetersäure zahlreiche Oxydationsproducte, unter anderen flüchtige fette Säuren. Nach den Untersuchungen von Hoppe-Seyler wäre die Choloidinsäure ein Gemenge von Cholsäure, Dyslysin und Cholonsäure.

Dyslysin.

Dyslysin: $C_{24}H_{36}O_3$. In Alkohol und Wasser unlöslicher, in Aether wenig löslicher neutraler harzartiger Körper. Entsteht aus der Choloidinsäure unter Wasserverlust. Giebt die Gallenreaction.

Es erscheint am passendsten, hier anhangsweise nachstehende Säuren anzureihen:

Lithofellinsäure.

Lithofellinsäure: $C_{20}H_{36}O_4$. Findet sich in gewissen Sorten orientalischer Bezoare: Gallensteinen einer Antilope, die fast ganz aus dieser Säure bestehen. Krystallisirt in farblosen, kleinen sechsseitigen Prismen, ist unlöslich in Wasser, dagegen löslich in Alkohol, schmeckt bitter und zersetzt sich beim Erhitzen, nachdem sie zuerst geschmolzen ist. Mit Zucker und Schwefelsäure giebt sie die Pettenkofer'sche Reaction der Gallensäuren.

Die Lösungen besitzen geringe rechtsseitige Polarisation. Die Salze mit alkalischer Base sind in Wasser löslich.

Guano-gallen-säure.

Guanogallensäure. Eine im Peruguano von Hoppe-Seyler aufgefundene, zu den Gallensäuren wahrscheinlich in näherer Beziehung stehende Säure. Sie wird daraus durch Wasser ausgezogen, aus der wässerigen Lösung durch Salzsäure gefällt, ist in Alkohol löslich und bleibt nach dem Verdunsten des Alkohols als eine amorphe, gelbliche, in Wasser unlösliche Masse zurück. Sie enthält etwas Stickstoff, keinen Schwefel, giebt die Pettenkofer'sche Reaction auf Gallensäuren und löst sich in concentrirter Schwefelsäure zu einer grünlich fluorescirenden Flüssigkeit. Das Natriumsalz ist in Wasser und Alkohol löslich.

Vorkommen.

Vorkommen der Gallensäuren. Die Glykocholsäure findet sich häufig reichlich in der Rindsgalle, sowie in den Excrementen des Rindes, ist aber in geringer Menge auch in der Galle des Menschen und im icterischen menschlichen Harne nachgewiesen; bei den Carnivoren scheint sie gänzlich zu fehlen. Aber auch in der Rindsgalle scheint sie unter gewissen Ernährungsverhältnissen der Thiere zu fehlen. Die Taurocholsäure dagegen ist in der Hundegalle die einzige, in der menschlichen Galle die in überwiegender Menge nachgewiesene Gallensäure, findet sich ferner in der Galle des Rindes neben Glykocholsäure, sowie in jener der Schafe, Ziegen, der Carnivoren, einiger Vögel, der Fische, Schlangen und Frösche. Cholsäure, das Spaltungsproduct beider eigentlichen Gallensäuren und ein Fäulnissproduct derselben wurde sowie Choloidinsäure und Dyslysin im Dünn- und Dickdarminhalte, sowie in den Excrementen von Rindern, Menschen und Hunden nachgewiesen, Cholsäure ausserdem im icterischen menschlichen Harn (Hoppe-Seyler). Die der Schweinegalle und die der Gänsegalle eigenthümlichen Säuren wurden bereits aufgezählt.

Unter physiologischen Verhältnissen lassen sich Gallensäuren im Blute nicht nachweisen und auch ihr Vorkommen im normalen Harn wurde in Abrede gestellt; in jüngster Zeit will man jedoch mittelst der Pettenkofer'schen Reaction „Spuren" von Gallensäuren im Harn Gesunder nachgewiesen haben (Alfr. Vogel, Naunyn, Dragendorff, Höne). Külz hat jedoch geltend gemacht, dass, soferne in solchen Fällen der Nachweis nur durch die Pettenkofer'sche Reaction geführt wurde, derselbe nicht ausreichend sei, da bei dem Chloroformauszug des sauren Harns die Reaction durch Schwefelsäure ohne Zuckerzusatz auch schon eintrete und wahrscheinlich von Harnpigmenten herrühre. Unter pathologischen Verhältnissen dagegen ist das Vorkommen geringer Mengen von Gallensäuren im Blute und Harne unzweifelhaft. Das Vorkommen von Gallensäuren im Erbrochenen ist viel seltener, als man gewöhnlich annimmt, ebenso enthalten die Fäces gewöhnlich nur dann unzersetzte Gallensäuren, wenn die Ingesta den Darmcanal sehr rasch durchlaufen. Am Häufigsten hat man sie noch beim Darmcatarrh der Kinder beob-

achtet. Unter normalen Verhältnissen ist bereits in der Mitte des Dünndarms die Hälfte der in den Darm ergossenen Galle weiter zersetzt und es enthalten daher die Excremente meist nur Spaltungsproducte derselben, namentlich Cholsäure, Cholonsäure, Choloidinsäure und Dyslysin.

Zustände der Gallensäuren im Organismus.

Zustände der Gallensäuren im Organismus. Die Gallensäuren sind in der Galle als Alkalisalze und zwar meist als Natriumsalze in Lösung. Da diese Salze in Wasser löslich sind, so bedarf ihr Gelöstsein in der Galle keiner besonderen Erklärung. Auch jene geringen Mengen von Gallensäuren, die unter pathologischen Verhältnissen in anderen Se- und Excreten gefunden werden, kommen in gleicher Verbindung darin gelöst vor. Interessant ist es, dass die Galle der Seefische Kalium als Basis ihrer Salze enthält, während bei den Landthieren die in der Galle enthaltenen Säuren an Natrium gebunden erscheinen. — Von den Spaltungsproducten der Galle kommt das Taurin jedenfalls in Lösung vor, Choloidinsäure und Dyslysin dagegen, die im Darminhalte auftreten, finden sich in dem in Wasser unlöslichen Theile desselben.

Abstammung der Gallensäuren.

Abstammung der Gallensäuren. Die Gallensäuren werden erst im Organismus gebildet, und zwar sprechen die gewichtigsten Gründe dafür, dass die Bildung derselben in der Leber erfolge, die demnach nicht etwa als ein bloss ausscheidendes, sondern als wirklich gallenbereitendes Organ erscheint. Dafür spricht die sehr gewichtige Thatsache, dass die Gallensäuren unter normalen Verhältnissen des Organismus weder im Blute (auch nicht im Pfortaderblute) noch in irgend welchen Geweben, ausgenommen der Leber, nachgewiesen werden können, ja dass selbst dann, wenn sie in kleiner Menge in die Pfortader injicirt werden, sie mit dem Blutstrome durch die Leber hindurchgehen und sich durch das ganze Blut verbreiten; zu dem gleichen Schlusse führen aber Versuche von J. Müller und Kunde und von Moleschott, welche ergaben, dass nach Exstirpation der Leber bei Thieren weder Icterus eintritt, noch sich Gallensäuren und Gallenpigmente in Lymphe, Blut, in den Muskeln und im Harn nachweisen lassen. Die Bildung der Gallensäuren erfolgt in den sogenannten Inseln (*acini*) der Leber; ob aber das dazu erforderliche Material von dem Blute der Leberarterie oder von jenem der Pfortader, oder endlich von beiden Blutarten geliefert wird, und welcher Vorgang bei der Bildung der Gallensäuren stattfindet, ist in Dunkel gehüllt. Man hat zahlreiche physiologische und pathologische Beobachtungen für eine Betheiligung des Fettes bei der Bildung der Gallensäuren geltend gemacht, so namentlich auch die Thatsache, dass das Lebervenenblut, das aus der Leber ausströmende, viel ärmer an Fett ist, wie das zuströmende der Pfortader; allein aus Fetten allein können die Gallensäuren schon um deswillen nicht gebildet werden, weil erstere weder Stickstoff noch Schwefel enthalten. Zieht man die Eiweisskörper herbei, und lässt Glycin und Taurin aus dem Zerfall derselben in der Leber hervorgehen, so befindet

man sich gleichwohl schon auf völlig conjecturalem Boden und hätte dann erst noch zu erklären, wie die Cholsäure aus den Fetten entsteht, und wodurch und wo die Synthese der Glyko- und Taurocholsäure aus ihren Componenten erfolgt.

Hypothesen über die chemischen Vorgänge bei der Bildung der Gallensäuren wurden von C. G. Lehmann[1]) und C. Schmidt[2]) entwickelt. Sie entbehren aber zu sehr der positiven Grundlagen, um zur Lösung der Frage verwerthet zu werden.

Umwandlungen im Organismus und Austritt.

Umwandlungen der Gallensäuren im Organismus und Austritt derselben. Unter normalen Verhältnissen finden sich die Gallensäuren in irgend erheblichen Mengen in den Excreten nicht wieder. Im Dünndarme lässt sich unveränderte Galle nachweisen, im Dickdarme dagegen finden sich nur mehr Zersetzungsproducte derselben. Im Hundekoth wies man Dyslysin, Choloidinsäure, Cholsäure und Cholesterin, aber weder Taurocholsäure noch Taurin und Glycin nach (Hoppe-Seyler). Nur im Rinderkothe wurde eine sehr geringe Menge Glykocholsäure nachgewiesen (Hoppe-Seyler). Die Gallensäuren erleiden demnach im Darme eine Umwandlung, die nach den Versuchen von Bidder und Schmidt und Hoppe-Seyler im untersten Theile des Dünndarms zwar bereits beginnt, aber erst im Dickdarme vollständig wird und wahrscheinlich derjenigen analog ist, welche die Gallensäuren durch Alkalien und durch Säuren erfahren. Ist aber letzteres wirklich der Fall, so müssen Taurin und Glycin irgendwo wieder resorbirt und verbrannt werden, da sie trotz ihrer scharfen Charakteristik weder in Darm- noch Nierenausscheidung aufgefunden werden. Weiterhin entsteht aber die Frage, ob die in den Fäces auftretenden Spaltungscomponenten der Galle den Gesammtrest der in den Darm ergossenen Galle repräsentiren. Dies ist nun aber nach den in diesem Punkte übereinstimmenden Beobachtungen von Hoppe-Seyler, E. Bischoff und Huppert durchaus nicht der Fall. Wenngleich die Beweiskraft der angestellten Beobachtungen und namentlich der Berechnungen eine sehr verschiedenwerthige ist, und die Beweise zum Theil nur indirecte sind (Bidder und Schmidt, H. Nasse, Kölliker, H. Müller, C. Schmidt und Schellbach, Kunkel), so machen sie doch die Annahme einer theilweisen Resorption der Galle aus dem Darme unabweisbar.

Man hat früher ziemlich allgemein angenommen, dass die Resorption der Galle schon vom Dünndarm aus erfolge, also bevor sie noch eine Spaltung erlitten habe. Dagegen sprechen aber die interessanten Versuche Röhrig's, aus denen folgt, dass Gallensäuren ins Blut injicirt, Verlangsamung der Herzschläge, ja Herzlähmung bewirken, während dieses constante Symptom durchaus nicht eintritt, wenn Gallensäuren in

---

[1]) C. G. Lehmann: Lehrb. der physiol. Chemie II, 2te Aufl. S. 123 u. 251. — [2]) C. Schmidt: Charakteristik der epidem. Cholera 1856. 163.

den Magen und das Jejunum von Thieren injicirt werden. Wohl aber zeigte sich dasselbe nach Injection der Gallensäuren in den Dickdarm. Ferner hat man darauf hingewiesen, dass Gallenfarbstoff, der ja mit der Galle vom Dünndarm aus ebenfalls ins Blut gelangen müsste, ins Blut gebracht, im Harne wieder erscheint, während unter normalen Lebensbedingungen derselbe im Harne fehlt, so wie dass die saure Beschaffenheit des Dünndarminhaltes wegen der fällenden Wirkung desselben die Resorption der Galle verhindern müsse. Diesen Beobachtungen gegenüber erscheint eine Resorption der Galle vor ihrer Spaltung vom Dünndarme aus jedenfalls sehr unwahrscheinlich.

Wir kennen die Zwischenproducte, welche sich bei der Oxydation der Gallensäuren bilden könnten, nicht, wir wissen daher nur so viel, dass endgültig der resorbirte Antheil der Galle in die Endproducte übergeführt wird, während der nicht zur Resorption gelangende Antheil derselben im Darme Zersetzungen erleidet und in Cholsäure, Choloidinsäure und Dyslysin verwandelt, durch den Darm den Körper verlässt.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Die physiologische Bedeutung der Gallensäuren fällt mit jener der Galle zusammen und wird daher weiter unten erst besprochen werden.

Gallenfarbstoffe.

Literatur: Berzelius: Lehrb. d. Chemie. 4te Aufl. Bd. IX, S. 281. — Fr. Simon: Handb. d. med. Chemie. Bd. I, S. 333. — J. Scherer: Ann. d. Chem. u. Pharm. LIII, S. 377. — Hein: Journ. f. pr. Chem. XL, S. 47. — Heintz: Poggend. Ann. LXXXIV, S. 106. — Robin: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXVI, S. 89. — Robin et Verdeil: Traité de Chim. anat. et physiol. T. III, 386. — Virchow: Arch. f. path. Anat. 1847. I, S. 379. 439. — Derselbe: Verh. d. med. phys. Gesellsch. in Würzburg. I, S. 303. — Valentiner: Günsberg's Zeitschr. N. F. I, 46. — Brücke: Unters. zur Naturl. v. Moleschott. VI, S. 173. — Derselbe: Sitzungsber. d. Wiener Akad. XXXV, S. 13. — Gubler: Gaz. méd. 1859, No. 34. — Jaffé: Arch. f. path. Anat. XXIII, S. 192. — Frerichs u. Städeler: Mittheil. der naturforsch. Gesellsch. in Zürich. IV. — Frerichs: Klinik d. Leberkrankh. 2te Aufl. — Städeler: Vierteljahrsschr. der naturforsch. Gesellsch. in Zürich VIII, S. 1863. — W. Kühne: Arch. f. path. Anat. XIV, S. 332. — Neukomm: Annal. d. Chem. u. Pharm. CXVI, S. 30. — Hoppe-Seyler: Arch. f. path. Anat. XXIV, S. 1. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1862, S. 273. — M. Hermann: De effectu sanguin. dilut. in urinae secretionem Berol. Dissert. 1859; Arch. f. pathol. Anat. XVII, S. 451. — W. Kühne: Lehrb. der phys. Chem. 1866, S. 89. — R. Maly: Annal. d. Chem. u. Pharm. CXXXII, S. 129. — Derselbe: Sitzungsber. d. Wien. Akad. LVII, 1868. — Ebendas. LIX, 1869. 597. — Derselbe: Med. Centralbl. 1871. Nr. 54. — Thudichum: Journ. f. prakt. Chem. CIV, S. 193. — Holm: Journ. f. prakt. Chem. C, 142; Untersuch. z. Naturlehre X, 447. — Neumann: Arch. f. Heilk. VIII, 170. IX, 40. — Salkowski: Med. chem. Untersuch. III, 436. — Piccolo u. Lieben: Giornale di scienze nat. Palermo II, 1866; Zeitschr. f. Chemie 1868.

645. Preyer: Die Blutkrystalle, S. 185 u. ff. — Hoppe-Seyler: Handb. d. phys. u. path. Analyse, 3te Aufl., S. 180. — Etti: Oesterr. Vierteljahrsschr. f. wissensch. Veterinärk. XXXVI, Hft. 1. — Jaffé: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1868. 241. — Derselbe: Arch. f. Physiol. I, 262. — Derselbe: Arch. f. path. Anat. XLVII, 405. Journ. f. prakt. Chem. CIV, 401. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1871. Nr. 30. — Vaulair u. Masius: Ebenda 1871. 369. — Heynsius u. Campbell: Arch. f. Physiol. IV, 497. — Stokvis: Mandblaad v. h. Genootsh. ter bevord. van nat. gen. en heelk. to Amsterdam 1870. 10. 64. — Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1872, S. 583. — Ritter: Bull. de la soc. chim. XIII, 212; Zeitschr. f. Chem. 1870. 413. — Fudakowski: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1869. 129. — Bogomoloff: Ebenda 1869. 529. — Stokvis: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1873. 211. 449. — R. Maly: Ebenda 321. — Vierordt: Zeitschr. f. Biol. IX, 160. — v. Tarchanoff: Arch. f. Physiol. IX, 53. — Derselbe: Ebenda 329. — R. Maly: Sitzungsber. d. Wiener Akad. LXX, 1874. 3te Abth., LXXII, 1875. 3te Abth. — Hoppe-Seyler: Arch. f. Physiol. X, 208. — Derselbe: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VII, 1065. — Bogomoloff: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 210. — Naunyn: Arch. f. Physiol. IX, 566. — Esoff: Ebenda XII, 50. — Vitali: Ann. di chim. applicat. alla medicina LVII, 278. — H. Nasse: Sitzungsber. der Ges. zur Beförd. d. ges. Naturwissensch. Marburg 1873. Nr. 2. — Stokvis: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1873. Nr. 20. — J. Steiner: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1873. Heft 2. 160. — J. Orth: Arch. f. pathol. Anat. LXIII, 447. — Thudichum: Journ. of the chem. soc. (2) XIII, 389. — Liebermann: Arch. f. Physiol. XI, 180. — Kunkel: Ebenda XIV, 360. — A. Simony: Wiener akad. Sitzungsber. 1876. III. Mai. — Vierordt: Die quantitative Spectralanalyse. Tübingen 1876. — Derselbe: Zeitschr. f. Biol. X, 88. 400. — R. Maly: Ann. Chem. u. Pharm. CLXI, 368, CLXIII, 77.

Die Farbe der Galle ist durch die Gegenwart gewisser Stoffe bedingt, welche als Gallenfarbstoffe oder Gallenpigmente bezeichnet werden. Die gründlichsten chemischen Untersuchungen über die Gallenpigmente (zunächst aus Gallensteinen) wurden von Städeler und Maly angestellt. Ihnen folgen wir daher auch in Nachstehendem vorzugsweise.

Bilirubin: $C_{32}H_{36}N_4O_6$.

Bilirubin.

Amorphes orangegelbes Pulver, oder aus Schwefelkohlenstoff, Chloroform oder Benzol sich ausscheidend, klinorhombische rothe Prismen. Wenig löslich in Wasser, Alkohol und Aether, leicht löslich in kochendem Schwefelkohlenstoff, Chloroform und Benzol. In Alkalien leicht mit rothgelber Farbe löslich. Seiner Lösung in Chloroform kann es durch Schütteln mit Kalilauge vollständig entzogen werden. Die alkalischen Lösungen färben sich an der Luft allmählich grün. Aus den alkalischen Lösungen wird es durch Salzsäure gefällt.

In wässerigen alkalischen Lösungen des Bilirubins ruft Zusatz von Salpetersäure, die salpetrige Säure enthält, oder ein Gemisch von reiner concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure zuerst

eine grüne, dann blaue, dann violette, dann rothe und endlich gelbe Färbung hervor. Diese Reaction ist sehr empfindlich und dient zum Nachweise des Gallenfarbstoffs in gallenfarbstoffhaltigen Flüssigkeiten, icterischem Harn u. dgl. Sehr verdünnte Auflösungen von Bilirubin mit einem Tropfen einer Lösung von Kaliumnitrat und einigen Tropfen verdünnter Schwefelsäure versetzt, färben sich sofort schön grün (Vitali). Zusatz von Brom zu Bilirubinlösungen bewirkt zuerst grüne, dann blaue, carmoisinrothe, endlich hellbraune Färbung. Bei gewisser Modalität der Einwirkung bildet sich ein bromhaltiges Substitutionsproduct des Bilirubins (Thudichum): Tribrombilirubin (Maly), dunkelblaue Krystalle. In kalter concentrirter Schwefelsäure löst sich das Bilirubin mit bräunlicher Farbe. Trägt man die Lösung in Wasser ein, so scheiden sich dunkelgrüne Flocken ab, die sich in Weingeist mit prächtig violetter Farbe lösen. Behandelt man Tribrombilirubin mit Alkalien, so erhält man Biliverdin (Maly).

Das Bilirubin verbindet sich mit Alkalien und alkalischen Erden. Die ammoniakalischen Lösungen desselben werden durch Chlorcalcium, Chlorbaryum, Bleizucker, Bleiessig und salpetersaures Silber gefällt. Die Kalkverbindung ist getrocknet metallisch glänzend dunkelgrün, zu dunkelbraunem Pulver zerreiblich.

Das Bilirubin wird aus Ochsengallensteinen, die sehr häufig fast ausschliesslich aus diesem Pigmente bestehen, durch Extraction derselben mit Aether, Ausziehen des Rückstandes mit Wasser, verdünnter Salzsäure, dann mit Chloroform, worin sich das Bilirubin löst, in unreinem Zustande dargestellt. Rein wird es erhalten, indem die Chloroformlösung abgedampft, der Verdampfungsrückstand mit Alkohol und Aether behandelt, dann wieder in wenig Chloroform gelöst und aus der Lösung durch Zusatz von Weingeist das Bilirubin gefällt wird.

Vorkommen.

Vorkommen. In der Galle gelöst, findet sich das Bilirubin ausserdem nicht selten an Kalk gebunden in gewissen Gallensteinen, namentlich jenen des Rindes. Früher als Cholepyrrhin, Biliphäin und Bilifulvin bezeichnete Pigmente in der Galle von Menschen, Hunden und Katzen scheinen mit Bilirubin ebenfalls identisch zu sein. Es ist aber von ganz besonderer Wichtigkeit, dass das Bilirubin in seinem Vorkommen keineswegs auf die Galle beschränkt ist. Unter dem Namen Hämatoidin hat Virchow ein in den verschiedensten Blutextravasaten (apoplectischen Gehirnnarben, hämorrhagischen Milzinfarcten, Strumacysten, Aneurysmasäcken) vorkommendes krystallisirbares Pigment beschrieben, welches gegenwärtig ganz allgemein und wohl mit Recht mit Bilirubin identificirt wird. Nicht so sicher aber ist es, ob die unter dem Namen Hämoluteïn oder Luteohämatoidin (Piccolo und Lieben) beschriebenen Pigmente aus dem *Corpus luteum* der Kuh, sowie ein von Thudichum als Luteïn bezeichnetes mit Bilirubin identisch sind. Piccolo und Lieben halten das Pigment aus dem gelben Körper des Kuhovariums für verschieden vom Bilirubin.

Biliverdin: $C_{32}H_{36}N_4O_8$.

Biliverdin.

Grünes Pulver, unlöslich in Wasser, Aether, Chloroform, löslich in Alkohol mit blaugrüner Farbe, löslich in Alkalien zu gesättigt grünen Lösungen, ebenso auch in kohlensauren Alkalien; aus den alkalischen Lösungen wird es durch Salzsäure in dunkelgrünen Flocken gefällt. Löslich in Eisessig und aus dieser Lösung sich in grünen wenig ausgebildeten rhombischen Blättchen ausscheidend. Die alkalischen Lösungen geben mit Salpetersäure dieselben Farbenveränderungen wie Bilirubinlösungen. Bei längerem Stehen der alkalischen Lösungen an der Luft verwandelt sich das Biliverdin in Biliprasin.

Das Biliverdin Städeler's wurde in Gallensteinen nicht aufgefunden, sondern aus dem Bilirubin dargestellt, indem man die alkalischen Lösungen des letzteren in flachen Gefässen längere Zeit an der Luft stehen liess, dann, nachdem die Flüssigkeit rein grün war, mit Salzsäure fällte, mit Wasser wusch und in Weingeist löste. Dieser Farbstoff ist jedenfalls in grüngefärbter Galle enthalten und wurde vielleicht nicht ganz rein von Heintz aus Gallensteinen dargestellt.

Maly stellte Biliverdin durch Behandlung der kalischen Lösung des Bilirubins mit Bleisuperoxyd und Fällen durch schwaches Uebersättigen mit Essigsäure dar, und zeigte, dass auch aus Tribrombilirubin: $C_{32}H_{33}Br_3N_4O_6$, Biliverdin erhalten werden kann, indem man auf ersteres Alkalien einwirken lässt: $C_{32}H_{33}Br_3NO_6 + 3KOH — C_{32}H_{36}N_4O_8 + 3KBr$. Rein dargestellt ist es in Alkohol und Eisessig leicht, in Aether wenig löslich, gar nicht in Chloroform, sehr leicht dagegen in Chloroform, dem etwas Alkohol oder Eisessig zugefügt war. Nach Hoppe-Seyler und Etti ist Biliverdin in reichlicher Menge an den Rändern der Placenta der Hündin enthalten, während Preyer das hier gefundene grüne Pigment für ein eigenthümliches hält, und als Hämatochlorin bezeichnet.

Bilifuscin: $C_{16}H_{20}N_2O_4$ (?).

Bilifuscin.

Fast schwarze, glänzende, poröse Masse, beim Zerreiben ein dunkelbraungrünes Pulver gebend. Wenig löslich in Wasser, Aether und Chloroform, leicht mit tiefbrauner Farbe löslich in Weingeist. Bei starker Verdünnung zeigt die Lösung die Farbe icterischen Harns. Löslich in verdünnten Alkalien, wird das Bilifuscin aus diesen Lösungen durch Säuren in braunen Flocken gefällt. In der ammoniakalischen Lösung erzeugt Chlorcalcium einen Niederschlag: die Kalkverbindung.

Dieser Farbstoff wurde von Städeler in geringer Menge in menschlichen Gallensteinen gefunden und daraus dargestellt, indem er dieselben so behandelte, wie bei Bilirubin angegeben; die Bilirubin und Bilifuscin enthaltende Chloroformlösung wird verdunstet und der Rückstand mit absolutem Alkohol behandelt, welcher das Bilifuscin löst, das Bilirubin aber ungelöst lässt. Man verdunstet die alkoholische Lösung zur Trockne, digerirt den Rückstand zur Entfernung fetter Säuren mit Aether, hierauf mit Chloroform, löst abermals in absolutem Alkohol und verdunstet zur Trockne.

Ueber die Präexistenz dieses Farbstoffes in der Galle fehlen sichere Anhaltspunkte. Von diesem Bilifuscin wesentlich verschieden ist ein von A. Simony aus alten mit Chloroform bereits völlig erschöpften Leichengallen gewonnenes, braunes amorphes ebenfalls als Bilifuscin bezeichnetes Pigment.

Biliprasin: $C_{16}H_{22}N_2O_6$ (?).

Biliprasin.

Von Städeler dargestellt. Schwarze, glänzende, spröde Masse zu dunkelgrünem Pulver zerreiblich. Unlöslich in Wasser, Aether, Chloroform, löslich in Alkohol mit schön grüner Farbe, die auf Zusatz von Alkali in Braun übergeht. In den alkalischen Lösungen erzeugen Säuren einen grünen Niederschlag. Die alkalischen Lösungen zersetzen sich an der Luft unter Abscheidung huminähnlicher Substanzen.

Biliprasin wurde in menschlichen Gallensteinen und in der Rindsgalle nachgewiesen, kommt aber wahrscheinlich auch im icterischen Harn und in der Placenta der Hündin vor (Etti). In den Gallensteinen findet es sich in dem Rückstande von der Behandlung derselben mit Aether, Wasser, Salzsäure und Chloroform. Man extrahirt denselben mit Alkohol, verdunstet die Lösung, behandelt den Verdunstungsrückstand mit Aether, dann mit Chloroform, löst abermals in wenig kaltem Alkohol und verdampft die Lösung.

Bilihumin.

Bilihumin hat Städeler den nach der Behandlung der Gallensteine mit Wasser, Aether, Salzsäure, Chloroform und Alkohol und ammoniakalischem Wasser bleibenden Rückstand genannt. Er wurde nicht in zur Analyse und näherer Untersuchung genügenden Reinheit und Menge erhalten.

Urobilin (Hydrobilirubin): $C_{32}H_{40}N_4O_7$.

Urobilin.

Bisher ist es nicht gelungen, diesen Körper krystallisirt zu gewinnen. So wie man ihn erhält, stellt er eine amorphe braunrothe harzige Masse dar, löslich in Alkohol, Aether und Chloroform mit braungelber, bei Verdünnung gelber, bei noch stärkerer mit schwach rosenrother Farbe. Diese

Lösungen zeigen an und für sich grünliche Fluorescenz, noch stärkere aber, wenn sie ammoniakalisch gemacht, mit einigen Tropfen Chlorzink versetzt werden. Das Urobilin ist nur schwierig löslich in Wasser, löslich aber in schwefelsäurehaltigem Alkohol und in Alkalien. Die alkalischen Lösungen sind gelb, auf Säurezusatz bei durchfallendem Lichte granatroth. Saure rothe Lösungen geben spectroskopisch untersucht ein dunkles nicht sehr scharf begrenztes Absorptionsband zwischen Grün und Blau entsprechend den Linien *bF*. In alkalischen Lösungen ist dieses Band mehr nach *b* gerückt und schärfer begrenzt. Bringt man zur ammoniakalischen Lösung etwas Chlorzink, so dass der zuerst entstehende Niederschlag sich wieder löst, so zeigt die nun stark grün fluorescirende Flüssigkeit das Absorptionsband alkalischer Lösungen tief schwarz, gegen den stärker brechbaren Theil des Spectrums verwaschen, gegen den weniger brechbaren scharf begrenzt.

Mit schweren Metallen liefert das Urobilin in rothen Flocken sich abscheidende Verbindungen.

Vorkommen.

Vorkommen und Bildung. Ein Pigment von den soeben beschriebenen Eigenschaften wurde von Jaffé in dunkelgefärbten Fieberharnen entdeckt, dann aber, wenngleich selten, auch in normalen Harnen gefunden. Denselben Farbstoff stellte Jaffé später durch Extraction der Hunde- und Menschengalle mit verdünnter Salzsäure aus Gallensteinen und aus den Fäces dar. Mit dem Urobilin ist jedenfalls auch das von Masius und Vaulair in den Excrementen aufgefundene Stercobilin identisch. Vierordt endlich bestätigte, dass Urobilin in der That ein Bestandtheil der Fäcalpigmente sei. Urobilin, früher für den normalen Farbstoff des Harnes gehalten, ist dies sicher nicht, da er in den normalen Harnen meist fehlt, wohl aber ist es, wie Esoff fand, unzweifelhaft, dass der normale Harn einen Körper enthält, der in Urobilin überzugehen vermag. Ebenso wenig kann daran gezweifelt werden, dass er nicht als ein primärer Gallenfarbstoff anzusehen ist, sondern aus diesem erst entsteht. Man erhält nämlich, wie R. Maly nachgewiesen hat, durch Reduction von Bilirubin mit Natriumamalgam sein Hydrobilirubin, welches mit Urobilin identisch ist:

$$\underset{\text{Bilirubin}}{C_{32}H_{36}N_4O_6} + H_2 + H_2O = \underset{\text{Urobilin}}{C_{32}H_{40}N_4O_7}$$

und in ähnlicher Weise kann es auch aus Biliverdin dargestellt werden.

Darstellung aus dem Harn.

Darstellung aus dem Harn nach Jaffé. Fällen des Harns mit basisch-essigsaurem Blei, Auswaschen des Niederschlages mit Wasser, Trocknen und Pulvern desselben, Auskochen mit Weingeist und nachherige Behandlung mit schwefelsäurehaltigem Alkohol. Die rothe Lösung wird abfiltrirt, mit Ammoniak übersättigt, filtrirt, das Filtrat mit dem gleichen Volumen Wasser verdünnt und mit Chlorzinklösung versetzt, so lange sich der braunrothe Niederschlag noch vermehrt. Der Zinkniederschlag wird erst mit kaltem, dann mit heissem Wasser gewaschen, getrocknet, mit schwefelsäurehaltigem Alkohol zer-

legt, die abfiltrirte Lösung mit dem halben Volumen Chloroform versetzt, dann mit einem Ueberschuss von Wasser geschüttelt, die Chloroformlösung nach dem Absetzen mittelst des Scheidetrichters getrennt, letzterer wiederholt mit Wasser gewaschen, und hierauf das Chloroform abdestillirt. Aus stark hochroth gefärbten Fieberharnen kann man auch ohne Weiteres das Urobilin durch Chlorzink und Ammoniak fällen.

Darstellung des Hydrobilirubins nach Maly.

Darstellung des Hydrobilirubins von Maly. Bilirubin oder auch wohl Biliverdin wird in verdünnter Kali- oder Natronlauge gelöst, und unter Abhaltung der Luft so lange Natriumamalgam hinzugefügt, bis die Lösung hellgelb bis braungelb geworden ist und Wasserstoffentwickelung auftritt. Man fügt Salzsäure bis zur bleibend sauren Reaction hinzu, worauf das Pigment in braunrothen voluminösen Flocken ausfällt.

Unter dem Namen Bilicyanin, Choleverdin und Choletelin haben Heynsius und Campbell, Stokvis und Maly Pigmente beschrieben, die sie theils als Product der Einwirkung oxydirender Agentien auf Bilirubin erhielten, theils in Gallensteinen, im icterischen Harne, und im Fieberharne fanden. Sicher ist es, dass das von Maly durch oxydirende Agentien aus dem Bilirubin dargestellte Choletelin von dem Choletelin von Stokvis und Heynsius verschieden, und dass es ebenso wenig Urobilin, wie ein Spaltungsproduct des letzteren ist, wie L. Liebermann überzeugend nachwies. Gegen die Identität von Urobilin und Choletelin sprechen auch das von Vierordt und Liebermann ermittelte spectroskopische Verhalten und die ganz verschiedene Elementarzusammensetzung (Maly, L. Liebermann). Einen bei der Oxydation des Bilirubins mit salpetriger Säure entstehenden blauen Farbstoff beschrieb auch Jaffé; doch bieten diese noch wenig gesichteten Pigmente vorläufig kein physiologisches Interesse dar, so dass ihre Aufzählung und der Hinweis auf die Originalquellen genügen mag. In der Galle des Menschen, des Ochsen, des Schafes, des Schweines, des Hundes und der Katzen fand Ritter ein blaues Pigment, das mit dem durch Einwirkung von Salpetersäure auf Gallenpigmente entstehenden blauen Pigmente jedenfalls nicht identisch ist und noch am Meisten mit Indigo übereinstimmt. Ob es mit letzterem identisch ist oder nicht, muss genauerer Untersuchung vorbehalten bleiben.

Vorkommen der Gallenfarbstoffe.

Vorkommen der Gallenfarbstoffe. Von den beschriebenen Gallenpigmenten scheinen primär nur Bilirubin und Biliverdin in der Galle vorzukommen, die übrigen aber erst secundär aus diesen zu entstehen. Gallenfarbstoffe finden sich ausser der Galle, wenngleich meist schon verändert (Urobilin etc.), in den Darmcontentis, den festen Excrementen und bilden mit Cholesterin, zuweilen aber auch für sich die Gallenconcremente. Unter pathologischen Verhältnissen, bei Icterus, treten sie im Blute und seinen Transsudaten, in der Milch, dem Harn, Speichel, Schweiss und endlich bei höheren Graden von Gelbsucht in die verschiedensten Gewebe imbibirt auf. Vorherrschend tritt das grüne Pigment in der Galle der Vögel, Fische und Amphibien auf, zuweilen

aber ist es auch in der Galle des Menschen und der Säugethiere in vorwiegender Menge vorhanden. Dass es Biliverdin und nicht Biliprasin ist, welches die grüne Färbung der Galle bedingt, muss daraus erschlossen werden, weil das Biliprasin in alkalischer Lösung braun ist und nur mit Säuren grün wird, daher also der alkalischen Galle nicht die grüne Farbe verleihen kann. Bilirubin (Hämatoidin) und Biliverdin finden sich auch an von der Leber ganz entfernten Orten des Körpers, so namentlich Bilirubin und Biliverdin normal in der Placenta des Hundes, Bilirubin aber ausserdem in Infarcten bei neugeborenen Kindern (Orth), in alten Blutextravasaten, in welchen das Blut längere Zeit stagnirte, in jenen geplatzter Graaf'scher Follikel, Gehirnextravasaten, obliterirten Venen, hämorrhagischen Milzinfarcten, Hautsugillationen, Aneurysmen, Eiterhöhlen, Cystenflüssigkeiten der Mamma u. s. w.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Die Gallenfarbstoffe sind im Organismus unter normalen Verhältnissen in Lösung, doch besitzt namentlich das Bilirubin grosse Neigung sich auszuscheiden und ist daher in der Galle nicht selten zum Theil wenigstens suspendirt; daher die Thatsache, dass die Kerne von Gallenconcrementen fast immer aus Gallenpigment bestehen; zuweilen findet man auch ästige knotige Concremente in der Gallenblase und den Gallengängen, die fast nur aus Gallenfarbstoff bestehen. Nach längerer Retention der Galle in der Blase und bei Blasencatarrh findet ebenfalls nicht selten Ausscheidung des Bilirubins in Krystallen statt. Hämatoidin hat man bisher immer in Krystallen oder amorphen Massen ausgeschieden beobachtet.

Abstammung.

Abstammung. Die Gründe, welche für die Bildung der Gallensäuren in der Leber geltend gemacht werden, können für die Bildung der Gallenpigmente in diesem Organe nicht schlechthin geltend gemacht werden, und zwar um deswillen nicht, weil sie sich, wie wir soeben gehört haben, häufig genug an von der Leber weit entfernten Orten vorfinden und bilden können. Wie an solchen Orten das Hämatoidin gebildet wird, ist von Virchow genau verfolgt und von ihm zuerst mit Bestimmtheit festgestellt, dass es aus den Blutkörperchen durch allmähliche Umwandlungen derselben entsteht. Was schon lange vermuthet, und durch zahlreiche Beobachtungen mindestens sehr wahrscheinlich gemacht wurde, dass die Gallenpigmente aus einer Zersetzung des Blutfarbstoffes hervorgehen, ist nun eine erwiesene Thatsache. Zeigte Hoppe-Seyler, dass man das Hämoglobin ebenso wie das Hämatin durch Behandlung mit reducirenden Agentien in Hydrobilirubin überführen könne, welches seinerseits direct aus dem Bilirubin erhalten werden kann (Maly), so ist überdiess durch eine Reihe von Versuchen dargethan, dass alle jene Mittel, welche einen Uebertritt des Hämoglobins in das Plasma des kreisenden Blutes hervorrufen, demnach eine Lösung der Blutkörperchen bewirken, die Bildung von Gallenpigment und ihr Auftreten im Harn veranlassen (Kühne).

Ganz besonders entscheidend in der Frage über die Abstammung der Gallenfarbstoffe sind die Versuche von Tarchanoff, der nach Injection von Hämoglobinlösung in die Jugularvenen von Hunden Gallenpigmente im Harn auftreten sah, ausserdem aber auch nachwies, dass Injection von Hämoglobinlösung in die Venen von Gallenfistelhunden eine beträchtliche Vermehrung des Pigmentgehaltes der Galle auf Kosten der übrigen festen Stoffe derselben zur Folge habe. Diesen Thatsachen gegenüber können negative Resultate einzelner anderer Forscher bezüglich des Uebertritts des Gallenpigmentes in den Harn nach Injection von Wasser oder Blutlösung in die Venen von Thieren nicht schwer ins Gewicht fallen. Mit dem Nachweise, dass die Muttersubstanz der Gallenpigmente der Blutfarbstoff ist, ist freilich eine andere Frage, nämlich die, ob diese Bildung innerhalb oder ausserhalb der Leber erfolge, gar nicht entschieden, und man kann nur so viel mit Bestimmtheit aussagen, dass ihre Bildung auch ausserhalb der Leber erfolgen könne. Ebenso wenig klar sehen wir darüber, was mit dem Eisen geschieht, welches sich bei dem Uebergange des Hämatins in Gallenpigment nothwendiger Weise abspalten muss. Man hält es übrigens gegenwärtig für wahrscheinlich, dass die normale Bildung der Gallenpigmente nicht in der Leber, sondern ausserhalb derselben erfolge, und sie von diesem Organe nur ausgeschieden werden.

Verwandlungen im Organismus.

Verwandlungen der Gallenfarbstoffe im Organismus und Austritt derselben. Betrachtet man die rothbraune Modification des Gallenfarbstoffes: das Bilirubin, als die primitive, wozu man gute Gründe hat, so erscheint als eine der ersten Verwandlungen dieses Pigments der Uebergang desselben in Biliverdin. Dass ein solcher Uebergang stattfinden könne, erscheint nach dem Verhalten des Bilirubins, welches durch blosse Berührung mit der atmosphärischen Luft ausserhalb des Organismus in Biliverdin übergeführt werden kann (vergl. oben S. 195), und nach zahlreichen anderen Erfahrungen, worunter wir nur die Fälle von grüner Galle, grünen Stühlen, das Grünwerden des braun tingirten Gallenblasenschleims beim Trocknen an der Luft anführen wollen, unzweifelhaft.

Die weiteren Verwandlungen des Gallenfarbstoffs im Organismus sind übrigens wenig aufgeklärt. Man nahm an, dass die Farbstoffe der Galle an der Resorption der Gallensäuren in das Blut nicht Theil nehmen, sondern im Darme allmählich weiter verändert mit den Excrementen ausgeschieden werden. Richtig ist es, dass die unteren Parthien des Darms selten mehr durch Salpetersäure nachweisbaren Gallenfarbstoff enthalten, und in den Excrementen ist er immer schon vollständig verschwunden und durch Urobilin ersetzt, mit Ausnahme jener Fälle, wo in Folge profuser Darmsecretion die Galle nicht Zeit findet resorbirt zu werden und daher ein grösserer Theil derselben durch den Darm ausgeschieden wird. Dies findet statt bei dem Gebrauche salinischer und scharfer Abführ-

mittel und bei catarrhalischen Diarrhöen. Zuweilen sind auch, obgleich selten, die Excremente durch Biliverdin grün gefärbt.

Es muss zugegeben werden, dass die eigenthümliche Färbung der Fäces wohl von verändertem Gallenfarbstoff herrühren mag, allein ein stricter Beweis ist ebensowenig dafür, als für die Annahme geliefert, dass nur die Gallensäuren, nicht aber auch Gallenfarbstoff vom Darme aus ins Blut resorbirt und hier verbrannt werden.

Physiologische Bedeutung. Bei dem gegenwärtigen Standpunkte unserer Kenntnisse vermögen wir den Gallenfarbstoffen nur die Bedeutung von Auswurfstoffen zuzuerkennen.

Physiologische Bedeutung.

Melanin. Schwarzes Pigment.

Literatur: Schlossberger: Vers. einer vergl. Thierchemie, S. 168 u. s. f. Scherer: Ann. d. Chem. u. Pharm. XL, 63. — Schwarzenbach: Vierteljahrsschr. f. pr. Pharm. XI, 37. — Derselbe: ebenda XI, 34. — Dressler: Prag. Vierteljahrsschr. LXXXVIII, 9. — Derselbe: ebenda CI, 59. — Heintz: Arch. f. path. Anat. III, 477. — Hosaeus: Arch. der Pharm. (2) CXX, 27.

Tritt im normalen Organismus in Form sehr kleiner Körnchen, unter pathologischen Verhältnissen auch wohl in Gestalt schwarzer Krystalle auf (?), die flache rhombische Tafeln mit ausserordentlich spitzen Winkeln darstellen.

Melanin.

Unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, verdünnten Mineralsäuren und Essigsäure, schwer und unvollständig löslich in Alkalien, wird von concentrirten Mineralsäuren zersetzt, von Chlor nicht gebleicht. Beim Erhitzen auf Platinblech verbrennt es unter Hinterlassung einer eisenhaltigen Asche.

Die Zusammensetzung des auf verschiedene Weise erhaltenen Melanins ist keine constante. Scherer fand in 100 Theilen des schwarzen Pigments des Auges: Kohlenstoff 58·084, Wasserstoff 5·917, Stickstoff 13·768, Sauerstoff 22·231. C. Schmidt fand das schwarze Pigment aus pathologischen Lungen kohlenstoffreicher. Rosow fand in demselben Pigmente: Kohlenstoff 54·00, Wasserstoff 5·30, Stickstoff 10·10, Sauerstoff 30·00 Proc.; Dressler in jenem eines melanotischen Carcinoms: Kohlenstoff 51·73, Wasserstoff 5·07, Stickstoff 13·24, Sauerstoff 29·96 Proc.; Heintz in einem ähnlichen: Kohlenstoff 53·44, Wasserstoff 4·02, Stickstoff 7·10, Sauerstoff 35·44 Proc.; Hosaeus in der Sepia der Tintenfische: Kohlenstoff 44·2, Wasserstoff 3·3, Stickstoff 9·9, Sauerstoff 42·6 Proc. Im schwarzen Augenpigment fand C. G. Lehmann 0·254 Proc. Eisen.

Vorkommen. Schwarze Pigmente treten auf: als Pigment der Dinte mancher *Cephalapoden*, als Augenschwarz: das Pigment der Cho-

Vorkommen.

roidea, als schwarze Pigmente in melanotischen Geschwülsten, in den Lungen, Bronchialdrüsen, im Malpighi'schen Schleimnetz der Neger und endlich als schwarzer, sedimentirender Farbstoff pathologischen Harns.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Das zunächst normal vorkommende schwarze Pigment des Auges tritt hier als körniger Inhalt polygonaler oder sternförmiger Zellen auf; in ähnlichem Zustande ist es übrigens auch in anderen Organen beobachtet, viel seltener als freie körnige Ablagerung in den Geweben. Dass es unter gewissen pathologischen Verhältnissen auch in Krystallen sich ausscheidet, wurde bereits weiter oben erwähnt. Bei niederen Thieren endlich, namentlich bei Fröschen und anderen Amphibien, überzieht es in ästigen Zellen oft Gefässe und Nerven und erscheint hier überhaupt besonders massenhaft.

Abstammung.

Abstammung. Die so ziemlich allgemeine Annahme, dass das Melanin vom Blutfarbstoff abstamme, ist mindestens sehr wahrscheinlich und findet namentlich auch in dem Eisengehalte des Melanins eine Stütze. Dass schwarze Pigmente in der That aus Blutkörperchen entstehen können, ist durch die histiologischen Untersuchungen von Virchow und Kölliker über die Umwandlung isolirter Blutgerinnsel bei obliterirten Venen in Pigment und über das schwarze Pigment in den sogenannten Körnchenzellen für bewiesen anzusehen, während es dahin gestellt sein mag, inwieferne die von Hoppe-Seyler aufgestellte Theorie der Bildung des schwarzen Pigments der Choroidea und Lungen den thatsächlichen Verhältnissen entspricht. Auf Grund seiner Beobachtungen an Froschlarven nimmt Hoppe-Seyler an, dass anfänglich pigmentlose Zellen dadurch pigmenthaltig werden, dass sie sich durch einen Ausläufer mit den Capillargefässen in Communication setzen, und auf diese Art ohne Extravasat oder Infiltration Blut in sie gelange, dessen Körperchen in den Zellen dann zu Grunde gehen und das Pigment frei werden lassen; dieses metamorphosire sich allmählich zu Melanin. Vom chemischen Standpunkte fehlt ein bestimmter Nachweis des Uebergangs von Blutfarbstoff in Melanin, wie überhaupt das Wie der Umwandlung unaufgeklärt ist.

Verwandlungen im Organismus.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Man weiss darüber nichts; dass das schwarze Pigment aber im Organismus Verwandlungen erleiden könne, geht aus dem von Moleschott beobachteten Verschwinden desselben in der Haut von Fröschen hervor, die 18 Tage lang in reinem Sauerstoffgas geathmet hatten.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Das schwarze Pigment der Choroidea ist optisch sehr wichtig für die Spiegelung der Lichtstrahlen im Auge; eine physiologische Bedeutung des an sonstigen Orten im Organismus normal vorkommenden schwarzen Pigments ist unbekannt und auch über das pathologisch abgelagerte sind wir noch nicht hinreichend aufgeklärt.

Cholesterin.

$C_{27}H_{44}O = C_{27}H_{43}OH$.

Literatur: Vergl. bei Schlossberger: Vers. einer vergl. Thierchemie I. Nervengewebe 41. Sodann: Beneke: Studien über die Verbreitung, das Vorkommen etc. von Gallenbestandtheilen in den thierischen und pflanzlichen Organismen. Giessen 1862. — Derselbe: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXXVII, S. 105. — Derselbe: Correspondenzbl. d. Ver. f. wissensch. Heilkunde. 1863. Nr. 61. — Moleschott: Compt. rend. XL, 361. — Flint: Americ. journ. of the med. sc. 1862. T. XLIV, S. 305. — Salisbury: Americ. journ. of the med. sc. 1863. T. XLV, S. 289. — Ritthausen: Chem. Centralbl. 1863. S. 560. — Lindenmeyer: Chem. Centralbl. 1864, S. 412. — Hartmann: Ueber den Fettschweiss der Schafwolle. Dissert. Göttingen 1868. — Schulze: Zeitschr. f. Chem. 1870. 453. — Derselbe: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. V, 1075. — Derselbe: ebenda VI, 251. — Löbisch: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. Bd. V, 510. — Schulze u. Urich: ebenda VII, 570. — v. Krusenstern: Arch. f. path. Anat. LXV, 410.

Cholesterin.

Krystallisirt in weissen, perlmutterglänzenden, sich fettig anfühlenden Blättchen. Unter dem Mikroskop erscheint es in dünnen, vollkommen durchsichtigen rhombischen Tafeln, deren Ränder und Winkel nicht selten unregelmässig ausgebrochen erscheinen. (Vergl. Funke: Atl. 2. Aufl. Taf. VI, Fig. 1, 2, 3. Robin et Verdeil: Pl. XXXIV, Fig. 3, 4. Pl. XXXV, Fig. 1, 2, 3.) Geschmack- und geruchlos, vollkommen neutral, schmilzt bei 145° C., kann bei 360° C. unzersetzt sublimirt werden und liefert bei der trockenen Destillation ein angenehm nach Geranium riechendes Oel. Unlöslich in Wasser, löslich in siedendem Alkohol, woraus es sich beim Erkalten in Krystallen abscheidet, löslich endlich in Aether, Chloroform, Benzol und Steinöl. Aus der ätherischen Lösung scheidet es sich gewöhnlich in feinen, seideglänzenden Nadeln aus. Auch Seifenlösungen, fette Oele, sowie Auflösungen gereinigter Galle nehmen einen Theil davon auf. Seine Lösungen reagiren neutral, und lenken den polarisirten Lichtstrahl ihrem Gehalte an Cholesterin entsprechend nach links ab. Specif. Drehung für gelbes Licht — 32°.

Behandelt man die Krystalle des Cholesterins mit einer Mischung von 1 Vol. Wasser und 5 Vol. Schwefelsäure und erwärmt gelinde, so nehmen sie unter dem Mikroskope an den Rändern eine sehr lebhaft carminrothe Färbung an, welche nach 1 bis 2 Stunden in Violett übergeht. Nimmt man ein Gemisch von 1 Vol. Wasser und 3 Vol. Schwefelsäure, so werden die Ränder violett und bei Verdünnung mit Wasser lila (Moleschott).

Concentrirte Schwefelsäure und Jod, oder Chlorzink und Jod färben das Cholesterin blau bis violett.

Wird es mit einem Tropfen concentrirter Salpetersäure bei gelinder Wärme abgedampft und der gelbe Rückstand noch warm mit einem Tropfen Ammoniak übergossen, so entsteht eine tiefrothe Färbung (H. Schiff). Dampft man es mit eisenchloridhaltiger Salzsäure ein, so färbt sich der Rückstand prachtvoll violett (H. Schiff). Uebergiesst man Cholesterinkrystalle mit concentrirter Schwefelsäure, zerreibt und fügt Chloroform hinzu, so erhält man eine blutroth bis violett gefärbte Lösung, die durch Violett, Blau, Grün an der Luft wieder farblos wird. Salpetersäure wirkt ähnlich.

Seinem chemischen Verhalten nach erscheint das Cholesterin als einwerthiger Alkohol und giebt mit Säuren unter Austritt von 1 Mol. Wasser Ester, ein Chlorür, ein Amin u. a. m. Durch concentrirte Schwefelsäure wird es unter rother Färbung in mehrere isomere Kohlenwasserstoffe zersetzt; durch Salpetersäure oxydirt liefert das Cholesterin neben flüchtigen Säuren der Formel $C_nH_{2n}O_2$, worunter Essigsäure, Buttersäure und Capronsäure, — Cholesterinsäure, $C_8H_{10}O_5$, die auch bei gleicher Behandlung aus Gallensäuren erhalten werden kann.

Isocholesterin.

Isocholesterin. Im Wollfette kommt nach Schulze und Urich neben Cholesterin, ein diesem isomerer Alkohol vor, welcher sich aus seinen Lösungen in Aether und Aceton in feinen durchsichtigen Nadeln, aus Alkohol aber als gallertige Masse ausscheidet und schon bei 137° bis 138° schmilzt. Liefert wie das Cholesterin zusammengesetzte Aetherarten, ein Chlorid etc.

Vorkommen.

Vorkommen. Das Cholesterin ist zunächst ein Bestandtheil der Galle der höheren Thierclassen und der in den Gallengängen und der Gallenblase zuweilen sich bildenden Gallensteine, die oft bei Weitem zum grössten Theile aus Cholesterin bestehen. Allein es ist auch sonst im Organismus sehr verbreitet. Man hat es unter den in Aether löslichen Stoffen des Blutserums und der Blutzellen aufgefunden, es findet sich in nicht unerheblicher Menge in der Hirn- und Nervensubstanz, in der Milz, im Eidotter, in normalen Transsudaten, im Wollfett (neben Isocholesterin), in der Hautsalbe, in dem Darminhalte und den Excrementen, endlich im Meconium; von pathologischer Bedeutung ist sein Vorkommen im Harne bei Icterus und Diabetes (Salisbury), in hydropischen Transsudaten, im Eiter, in Cysten und Echinococcusbälgen, in obsoleten Tuberkeln, degenerirten Ovarien und Hoden, Krebsgeschwülsten, im Auswurf Tuberkulöser, in krystallinischen Cataracten und in atheromatösen Bildungen der Gefässhäute. Auch in pflanzlichen Samen, namentlich in den Erbsen und Linsen, sowie in Cerealien wurde es aufgefunden, während man es früher als dem Thierreiche ausschliesslich angehörig betrachtete.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. In Lösung kommt das Cholesterin in der Galle, im Blute und seinen Transsudaten vor; seit man weiss, dass dasselbe in Seifen, flüssigen Fetten, sowie in den Auflösungen der gallensauren Alkalien keineswegs unlöslich ist, hat dieser Umstand aufgehört

unerklärlich zu sein. In den Nerven und im Gehirn ist es weder in Lösung noch krystallisirt, sondern Bestandtheil des Gewebes in einer noch unaufgeklärten Verbindung mit den übrigen Bestandtheilen desselben. Wir würden daher kaum anstehen dürfen, ihm in diesen Geweben eine histiogenetische Bedeutung zuzuerkennen, wenn nicht die Möglichkeit vorläge, dass es aus ihnen bei den zu seiner Isolirung eingeschlagenen Verfahrungsweisen erst aus irgend einem Bestandtheil abgespalten würde. Bei der jedenfalls sehr complexen Natur dieser Gewebe und unserer unvollkommenen Kenntniss ihrer Bestandtheile ist jedenfalls eine solche Möglichkeit nicht aus dem Auge zu verlieren. Zuweilen scheidet es sich aus der Galle als krystallinisches Sediment aus, und in ähnlicher Weise in Krystallen abgeschieden trifft man es in den verschiedenen oben erwähnten pathologischen Producten, Ovarialcysten, Lebercysten, Echinococcusbälgen etc., namentlich aber auch in den Gallensteinen. Im Wollfette ist es theils frei, theils in der Form zusammengesetzter Aether mit fetten Säuren und Oelsäure enthalten, ebenso das in diesem Fette vorkommende Isocholesterin.

Abstammung.

Abstammung. Dass das Cholesterin im Thierkörper selbst erst gebildet werde, erscheint trotz seines Vorkommens im Pflanzenreiche kaum zweifelhaft. Allein über das Material und die Art seiner Bildung herrscht noch völliges Dunkel.

Verwandlungen im Organismus und Austritt.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Die Verwandlungen, welche das Cholesterin möglicherweise im Organismus erleidet, sind vollkommen unbekannt. Im Harne lässt es sich unter normalen Verhältnissen nicht nachweisen, wird demnach durch die Nieren nicht ausgeschieden (v. Krusenstern). Nach den Untersuchungen von Flint, welcher es als ein Umsatzproduct der Nervensubstanz betrachtet, würde es aus dieser in das Blut übergehen, um in der Leber abgeschieden zu werden und mit der Galle in den Darm und von dort nach aussen zu gelangen. Eine directe Oxydation desselben im Blute erscheint seiner grossen chemischen Indifferenz halber wenig wahrscheinlich. Dass übrigens ein Theil des Cholesterins als solches den Körper verlässt, beweist in der That sein Vorkommen in den Excrementen, dem Wollfett und der Hautsalbe (Smegma praeputii).

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Wir befinden uns darüber völlig im Dunkeln.

Ambrain.

Ambrain, ein Bestandtheil der *Ambra*: wahrscheinlich ein pathologisches, den Darm- oder Gallensteinen analoges Product der Pottwale, zuweilen im Darmcanal dieser Thiere angetroffen, oder auch wohl auf dem Meere schwimmend, — und Castorin, ein Bestandtheil des Castoreums oder Bibergeils, — sind dem Cholesterin ähnliche krystallisirbare Körper, im Uebrigen ohne physiologisches Interesse.

Kohlehydrate.

Traubenzucker: $C_6H_{12}O_6 + H_2O$.

Literatur: Alvaro-Reynoso: Compt. rend. XXXIII, p. 410. XXXIV, p. 18. — v. Babo u. Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. Bd. II, S. 321. — v. Becker: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. V, S. 137. — Bence-Jones: Chem. quarterly. journ. T. XIV, p. 22. — Cl. Bernard: Nouvelle fonction du foie. Paris 1853. — Derselbe: Leçons de physiol. expériment. Paris 1856. T. II, p. 322. — Derselbe: Arch. gén. de méd. T. XVIII, p. 303, Mém. de la soc. de biologie. 1849. p. 121. — Derselbe: Compt. rend. et Mém. de la soc. de biologie. 1849, p. 24. 1851, p. 144. — Derselbe: Compt. rend. XXVIII, p. 373. — Derselbe: Leçons sur les effets des substances toxiques. Paris 1857, p. 161. — Cl. Bernard u. Barreswil: Compt. rend. XXVII, p. 514. XXXI, p. 572. — Friedländer: Arch. d. Heilk. 1865. Bd. VI, S. 97. — Bouchardat: Compt. rend. 1851. p. 33 u. 543. — Bouchardat u. Sandras: Compt. rend. 1845. XX, p. 143, 303, 1026. — Brücke: Sitzungsber. d. Wien. Akad. Bd. XXIX, S. 346. Bd. XXXIX, S. 10. Wien. med. Zeitschr. 1858. Nro. 10 bis 13. Wien. med. Wochenschr. 1858. Nro. 10 bis 12. — Chauveau: Compt. rend. 1856. I. Nro. 21. — Frerichs u. Städeler: Verhandl. d. naturforsch. Gesellsch. zu Zürich III. — Harley: British and foreign med. chir. review. Vol. XXXIX. 1857. — Derselbe: Gaz. hébdomad. 1862. Nro. 18. — Blot: Compt. rend. XLIII, p. 676. — Heynsius: Holl. Beiträge. 1857. Bd. I, S. 242. — Derselbe: Die Quelle des Leberzuckers. Stud. d. phys. Inst. in Amsterdam. Bd. I, S. 57. — Hoppe: Arch. f. path. Anat. Bd. X, S. 140. — Iwanoff: Die Glycosurie der Schwangeren. Dissertation Dorpat 1861. — Jeannel: Gaz. méd. de Paris 1857, p. 20. — Kersting: Dissert. inaug. Lipsiae 1844. — A. W. Kühne: Ueber künstl. Diabetes bei Fröschen. Dissert. Göttingen 1856. — Derselbe: Arch. f. path. Anat. Bd. XXXII, S. 536. — Lehmann: Phys. Chemie. Bd. I, S. 375. — Zoochemie. 381, 65. Ber. d. k. s. Gesellsch. d. W. zu Leipzig. 1850. Bd. III, S. 139. 1856. Bd. VII, S. 2. — Derselbe: Schmidt's Jahrb. f. d. g. Med. 1858. Bd. XCVII, S. 1. — J. Liebig: Thierchemie. 1846. S. 102. — Mc Donnel: Compt. rend. LX, p. 963; Americ. journ. of med. science. 1862. XLIII, p. 214. XLVI, p. 523. — R. Maly: Wien. med. Wochenschrift. 1862. Nro. 21. — G. Meissner: Götting. Nachr. 1861. Nro. 15. 1862. Nro. 20. — Magendie: Compt. rend. XXX, p. 191. — Mialhe: Compt. rend. XXX. — Mialhe u. Contour: Compt. rend. XIX. 1844. p. 111. — Michéa: Compt. rend. XXXIII, p. 605. — Mosler: Beitr. zur Kenntniss der Urinabs. Dissert. 1853. Giessen. — Oré: Compt. rend. 1856. Nro. 9. — W. Pavy: On the nature and treatment of diabetes. London 1869. — Derselbe: Guy's Hosp. Reports. 1861. p. 107. 209. — Derselbe: Guy's Hosp. Reports. III, p. 1. u. Schmidt's Jahrb. XC, S. 275. — Derselbe: Guy's Hosp. Reports. IV, p. 291. 315. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1877. Nro. 33 u. 35. — Pettenkofer u. Voit: Sitzungsber. d. Münchn. Akad. 1865. Bd. II, 224. — Dieselben: ebenda. Sitz. v. 7. Dec. 1867. S. 572. — Petters: Prag. Vierteljahrschr. LV, S. 81. — Pfeufer u. Löwig: Zeitschr. f. rat. Med. Bd. I, S. 451. — Poggiale: Compt. rend. XLII, p. 198. 1856. Nro. 5. — J. Ranke: Tetanus. Eine physiol. Studie. Leipzig 1865. — Ritter: Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. Bd. XXIV, S. 65. — Saikowsky: Med. Centralbl. 1865. S. 353. — Sanson: Journ. de Physiol. Bd. I, S. 244. 1858. — M. Schiff: Nachr. der Ge-

sellsch. d. Wissensch. zu Göttingen. 1856. S. 241. — Schrader: Nachr. der Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen. 1857. Nro. 15. März. — C. Schmidt: Charakteristik d. epid. Cholera. Mitau u. Leipzig. 1850. S. 161. — Schunck: Philos. Mag. 1862. Nro. 153, p. 179. — Stokvis: Bijdragen tot te kennis van te suikervorming in te lever. Dissert. 1856. Utrecht. — Derselbe: Wien. med. Wochenschr. 1857, S. 235. — Derselbe: Stud. d. phys. Inst. in Amsterdam. Bd. I, S. 113. — Tuchen: Arch. f. path. Anat. XXV, S. 267. — Uhle: De saccharo in urinam aliquamdiu transeunte. Dissert. Lipsiae 1852. — De Vries: Bijdragen tot te kennis de suikers. Dissert. Gröning. 1862. — Winogradoff: Arch. f. path. Anat. Bd. XXIV, S. 600. Bd. XXVII, S. 543. — Seegen: Diabetes mellitus. Leipzig 1870. 2te Aufl. Berlin 1875. — Derselbe: Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1871. Juni. — Derselbe: Arch. f. Physiol. V, S. 311. — Dalton: Transact. of the New-York acad. of med. 1871. — Goltz: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1867. Nro. 45. — Huppert: Arch. d. Heilk. VIII, 331. — Zimmer: Deutsche Klinik. 1867. Nro. 114 u. ff. — Senff: Ueber den Diabetes nach Kohlenoxydathm. Dissertat. Dorpat. 1869. — Golowin: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1869. S. 817. — Almén: Zeitsch. f. analyt. Chem. X, 125. — Bock u. Hoffmann: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1871. S. 550. — Luck: New-York med. Journ. 1870. Juli. — A. E. W. Tieffenbach: Ueber die Existenz der glykogenen Function der Leber. Dissert. Königsberg 1869. — Tscherinoff: Sitzungsber. d. Wien. Akad. Bd. LI, Abth. II, 412. — Schöpffer: Arch. f. path. Anat. 1873. I. 72. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1873. S. 478. — Estor u. Saintpierre: Compt. rend. LXXVI, 54. — Sinéty: Gaz. med. de Paris 1873. S. 573. — C. A. Ewald: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1873. S. 819. — v. Mering: ebenda 1875. Nro. 55. — F. A. Hoffmann: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1872. S. 746. — Lussana: Giorn. venet. di scienze med. ser. 3. XXII, 646. — Reichard: Pharm. Zeitschr. f. Russland. XIV, 45. — Rupstein: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1874. Nro. 55. — C. Bock u. F. A. Hoffmann: Experimentalstudien über Diabetes. Berlin 1874. — Moriggia: Academia dei lincei. sess. 9. Febr. 1873. — C. A. Ewald: Berl. klin. Wochenschr. 1875. Nro. 51 u. 52. — Catani: Moleschott's Untersuch. 1875. XI, 443. — Abeles: Wien. med. Jahrb. 1875. S. 269. — Zimmer: Deutsch. med. Wochenschr. 1876. Nr. 28. — Konjikoff: Ueber den Einfluss gewisser Agentien auf die Menge des Glykogens in der Leber. St. Petersburg. Dissert. 1876. — Wolffberg: Zeitschr. f. Biol. XII, 266.

Traubenzucker.

Krystallisirt selten in wohlausgebildeten Krystallen, meist in warzigen krümlichen Massen, die sich unter dem Mikroskop aus kleinen rhombischen Tafeln bestehend erweisen. Der Traubenzucker schmeckt süss, ist in Wasser und wässerigem Weingeist löslich und bewirkt in seinen Lösungen eine Ablenkung der Polarisationsebene des Lichtes nach rechts, und zwar dreht eine frisch kalt bereitete Lösung stärker nach rechts, als eine heiss oder eine bereits längere Zeit bereitete Lösung; eine heiss bereitete wässerige Lösung, oder eine solche, welche bereits längere Zeit gestanden hatte, zeigt für gelbes Licht die constante specifische Drehung $+ 56^0$. Bei 100^0 C. schmilzt er unter Verlust seines Krystallwassers, in höherer Temperatur bräunt er sich und verwandelt sich in Caramel: $C_{12}H_{18}O_9$. In noch höherer Temperatur wird er vollständig zersetzt und liefert Kohlenoxyd, Kohlensäure, Sumpfgas, Essigsäure, Aceton, Aldehyd, Furfurol und andere Producte, worunter ein bitter

schmeckender Stoff: Assamar. Mit Basen verbindet er sich zu wenig constanten Saccharaten und mit Chlornatrium giebt er eine schön krystallisirte Doppelverbindung von der Formel $2\,(C_6H_{12}O_6)\,2\,NaCl + H_2O$.

Erhitzt man eine Traubenzuckerlösung mit mässig starker Natronlauge auf 90°, so zersetzt sich der Zucker unter lebhafter Wärmeentwickelung in Milchsäure, Brenzkatechin, Ameisensäure und andere Producte, dabei färbt sie sich braun; setzt man hierauf Salpetersäure zu, so entwickelt sich ein Geruch nach gebranntem Zucker und Ameisensäure (Moore's Zuckerprobe). Aus Kupferoxydlösungen scheidet der Traubenzucker bei Gegenwart freier Alkalien schon in der Kälte, rascher bei gelindem Erwärmen rothes Kupferoxydul, oder gelbes Kupferoxydulhydrat ab (Trommer's und Fehling's Zuckerprobe). Basisch-salpetersaures Wismuth wird bei Gegenwart von Natriumcarbonat von Zuckerlösung beim Kochen zu Wismuthsuboxyd reducirt (Böttger's Zuckerprobe). Aus Silber-, Gold- und Quecksilberlösungen scheidet er beim Kochen die Metalle aus.

Werden Traubenzuckerlösungen mit neutraler Indigolösung bis zur schwach blauen Färbung versetzt, Natriumcarbonat tropfenweise bis zur schwach alkalischen Reaction hinzugefügt und zum Kochen erhitzt, so geht die Farbe der Lösung durch Violett in Gelb über, wenn man jede Bewegung vermeidet. Schütteln ruft die blaue Färbung wieder hervor (Mulder-Neubauer'sche Zuckerprobe). Mit concentrirter Schwefelsäure bildet er Zuckerschwefelsäure; Salpetersäure verwandelt ihn in Zuckersäure und Oxalsäure; mit concentrirten Säuren und mit Zinnchlorid abgedampft wird er in schwarze, humusähnliche Materien verwandelt. Durch Oxydationsmittel wird aus dem Traubenzucker Ameisensäure erzeugt. Ozon verwandelt ihn in alkalischer Lösung in Ameisensäure und Kohlensäure; durch Schmelzen mit Kalihydrat geht er in Essigsäure, Propionsäure, Kohlensäure und Oxalsäure über.

Mit Bierhefe bei gewöhnlicher Temperatur in verdünnter Lösung sich selbst überlassen, zerfällt er in Alkohol und Kohlensäure, unter gleichzeitiger Bildung geringer Mengen von Glycerin und Bernsteinsäure (Geistige Gährung).

In Berührung mit faulenden thierischen Membranen und faulenden stickstoffhaltigen Materien überhaupt geht er zuerst in Gährungsmilchsäure und dann in Buttersäure über (Milchsäuregährung).

Unter nicht genau studirten Bedingungen erleiden Traubenzuckerlösungen die schleimige Gährung, wobei er unter gleichzeitiger Bildung von Milchsäure und Mannit in eine schleimige celluloseähnliche Materie übergeht.

Vorkommen.

Vorkommen. Traubenzucker wurde bisher gefunden im Dünndarminhalte nach dem Genusse zucker- oder stärkemehlhaltiger Nahrungsmittel, im Muskelgewebe, im Weissen und im Dotter des Eies der Vögel, in der Amnios- und Allantoisflüssigkeit der Pflanzenfresser, in Oedemflüssig-

keiten, in der Leber, der Galle, dem Lebervenenblute, im Blute von Hunden, Katzen und Kaninchen (Tieffenbach), in der Thymus, in Herz und Lunge, im Harn und mehreren Organen des Fötus der Kuh und des Schafes; pathologisch: bei Diabetes mellitus in grossen Mengen im Harn, im Blut, im Speichel, im Erbrochenen, im Schweiss, in Nieren, Lungen und Milz, und in den Fäces.

In neuerer Zeit hat man Traubenzucker in sehr geringer Menge als normalen Harnbestandtheil angesprochen (Blot, Brücke, Bödeker, Bence-Jones, Tuchen, Iwanoff, Huizinga); allein der Nachweis des Zuckers wurde nach Methoden zu führen versucht, die wenn es sich um zweifellose Resultate handelt, dazu nicht geeignet sind, und vor einer strengen Experimentalkritik nicht Stand halten. Meine eigenen Erfahrungen stimmen vollkommen mit jenen von Seegen überein, der durch eine Reihe sehr sachgemäss angestellter Beobachtungen zu dem Schlusse kommt, dass die bekannten Zuckerreagentien nicht genügen, um sehr kleine Zuckermengen im Harn in zweifelloser Weise nachzuweisen[1]. Der Harn enthält eine Kupferoxyd reducirende und auch sonst in manchen Punkten dem Zucker ähnliche Substanz, welche aber entschieden nicht Traubenzucker ist. Es sind überhaupt alle Angaben über das Vorkommen von Traubenzucker, bei welchen es sich nur um die sogenannten Zuckerreactionen handelt, mit Vorsicht aufzunehmen; dies kann nicht genug betont werden. Ebenso wird häufig jener Körper, welcher die gewöhnlichen Zuckerreactionen giebt, schlechthin als „Traubenzucker" bezeichnet, während nur in Ausnahmefällen, wie bei dem Blutzucker, der Beweis dafür wirklich erbracht ist (Abeles, Külz). Bei eingehenderen Untersuchungen über die durch diastatische Fermente erzeugten Zuckerarten stellt es sich mehr und mehr heraus, dass dieselben vom Traubenzucker meist verschieden sind, und ein beträchtlich geringeres Reductionsvermögen wie Traubenzucker besitzen (Schulze u. Märker, O'Sullivan, Schulze u. Urich, Dubrunfaut, O. Nasse u. A.).

Zustände im Organismus. Der Traubenzucker ist in den Flüssigkeiten und Geweben, in denen er nachgewiesen wurde, in Lösung enthalten.

Zustände im Organismus.

Abstammung. Der im Körper der höheren Wirbelthiere vorkommende Zucker stammt von mindestens zwei verschiedenen Quellen; ein Theil desselben hat in der von aussen zugeführten Nahrung seinen Ursprung, ein anderer aber wird im Organismus selbst erst erzeugt. Die Nahrungsmittel, welche zwar keinen Zucker, aber Stärkemehl enthalten, geben zur Bildung von Zucker dadurch Veranlassung, dass gewisse thierische Secrete die Eigenschaft haben, Stärke mehr oder minder energisch in Zucker zu verwandeln. Dazu gehören Speichel, pankreatischer Saft, und auch wohl noch andere diastatische Fermente.

Abstammung.

[1]) Seegen: Diabetes mellitus. 2te Aufl. 197.

Ausser diesem von der Nahrung abstammenden Zucker findet sich im Organismus auch noch solcher, der hier erst erzeugt wird und zwar im Muskel, vielleicht auch wohl in der Leber. Zwar hat man behauptet, dass in dem lebenden Thiere die normale Leber keinen Zucker enthalte (Pavy, Meissner, Ritter, Seegen, Tieffenbach, Lussana, Konjikoff, Abeles) und derselbe erst nach dem Tode aus dem Glykogen entstehe; auch ist es nachgewiesen, dass er nach dem Tode mehr und mehr ansteigt (Dalton), aber ob er geradezu nur als Leichenerscheinung zu betrachten sei, scheint uns doch gegenüber noch immer sich geltend machenden gegentheiligen Behauptungen (Bock und Hoffmann, Wolffberg und jüngst wieder Cl. Bernard) nicht sicher genug festgestellt.

Der Muskelzucker bildet sich jedenfalls aus dem Glykogen im Muskel selbst und ist ein Umsatzproduct des Muskelgewebes. Dafür spricht, dass sich derselbe auch in Muskeln findet, aus welchen alles Blut durch Wasserinjection entfernt wurde, sowie die Gegenwart desselben im Fleische eines längere Zeit ausschliesslich mit Fleisch gefütterten Thieres (Meissner).

Verwandlungen und Austritt.

Verwandlungen des Traubenzuckers im Organismus und Austritt desselben. Unter normalen Bedingungen wird kein Zucker als solcher aus dem Organismus ausgeschieden, indem derselbe im Körper eine Reihe von Umwandlungen erleidet, deren Producte zum Theil wenigstens noch Arbeit im Körper thun, bevor sie zu Kohlensäure und Wasser oxydirt aus demselben durch Lunge und Haut austreten. Der von aussen eingeführte, oder der durch die Wirkung der thierischen Fermente auf die Amylacea der Nahrung gebildete Zucker wird zum Theil, bevor er noch ins Blut resorbirt wird, in Milchsäure und Buttersäure verwandelt, eine Umsetzung, die er ja bekanntlich auch ausserhalb des Organismus in Berührung mit thierischen Membranen erleidet. Der von den Darmcapillaren und zum geringeren Theile von den Chylusgefässen als solcher resorbirte Zucker, in Blut und Gewebe gelangend, wird hier rasch den Endproducten der Oxydation entgegengeführt. Zahlreiche Versuche haben diese Thatsache ausser allen Zweifel gesetzt. Der in beträchtlicher Menge vom Darm aus aufgenommene Zucker ebensowohl wie der in der Leber gebildete häuft sich niemals im Blute an, ja selbst dann, wenn er ins Blut injicirt wird, wird er sofort weiter zersetzt und gelangt nicht in den Harn, so lange die Menge desselben im Blute eine gewisse Grenze nicht übersteigt. Kann es demnach als ausgemacht gelten, dass der Zucker im Organismus rasch zersetzt wird, so fragt es sich zunächst, welches seine Zersetzungsproducte sind. Man hat angenommen, dass er direct zu Kohlensäure und Wasser verbrannt werde; von anderer Seite wird das bezweifelt und geglaubt, dass er noch Zwischenproducte liefere. Für die Oxydation des Zuckers im Organismus spricht auch deutlich genug die wiederholt constatirte Thatsache (Regnault und Reiset,

Pettenkofer und Voit), dass bei Nahrung mit stärkemehl- oder zuckerreichen Stoffen von dem eingeathmeten Sauerstoff ein bedeutend grösserer Theil in der Form von Kohlensäure wieder erscheint, wie bei Fleischnahrung.

Unter pathologischen Verhältnissen: bei Diabetes, Morbillen, Scharlach, Typhus, Pneumonie und Hydrocephalus hat man Aceton im Harne und im Blute aufgefunden (Petters, Rupstein), welches, wie kaum zu bezweifeln ist, von Zucker stammte, ohne dass die Modalitäten seiner Bildung im Geringsten aufgeklärt wären. Auf die Gründe, welche einen Uebergang des Muskelzuckers in Milchsäure wahrscheinlich machen, werden wir weiter unten (bei Milchsäure) näher eingehen.

Diabetes.

Während im Normalzustande des Organismus der Zucker vollkommen zersetzt wird, und daher höchstens Spuren desselben in den Excreten erscheinen, tritt unter gewissen pathologischen Verhältnissen Traubenzucker im Harne und zahlreichen anderen Se- und Excreten auf, vor Allem in Folge einer noch heute räthselhaften Krankheit: der sogenannten Zuckerharnruhr, Diabetes mellitus; dann aber, in womöglich noch räthselhafterer Weise, bei dem sogenannten künstlichen Diabetes, wie er nach traumatischer Verletzung des Bodens der vierten Hirnhöhle, und zwar an einer gewissen Stelle (Bernard's Versuch, Piqûre), nach Injection von Zucker in das Blut in solcher Menge, dass der Zuckergehalt des Blutes über eine gewisse Grenze steigt (Lehmann, Schöpffer); von Aether, Ammoniak, verdünnter Phosphorsäure, von 1 Proc. Kochsalzlösung in die Arterien von Kaninchen (Bock und Hoffmann), nach Einfuhr von Milchsäure bei Kaninchen (Goltz), von Terpentinöl beim Menschen (Almén), von Amylnitrit in das Blut von Kaninchen (F. A. Hoffmann), von Glykogen (Pavy), nach Vergiftung mit Curare (bei Fröschen und Kaninchen, wenn bei letzteren das Leben durch künstliche Respiration unterhalten wird: Winogradoff), nach Kohlenoxydgasvergiftung (Senff u. A.), bei Druck auf die Leber oder Congestion dieses Organs, Unterbindung der Pfortader, und auf andere Weise mehr einzutreten pflegt. Obgleich man über die Gründe des Auftretens von unzersetztem Zucker in den Se- und Excreten, bei Diabetes u. s. w. vielfach discutirt und zahlreiche Versuche angestellt hat, so ist die Frage doch bis zur Stunde noch nicht gelöst. Da die zahlreichen, immerfort sich noch mehrenden Theorien, welche über die Genesis des Diabetes aufgestellt sind, sich auf sehr hypothetischem Boden bewegen, zugleich aber dem Gebiete der Pathologie angehören, so halten wir es nicht am Platze, hier auf sie einzugehen. Wir haben aber die neuere Literatur über diesen Gegenstand, soweit sie Chemisches berücksichtigt, in der Literaturübersicht unter „Traubenzucker“ und unter „Glykogen“ (s. u.) aufgeführt.

Einen Fall, wo im Harne eines Diabetischen neben Traubenzucker auch linksdrehender Zucker: Levulose auftrat, beschreibt Zimmer.

Noch dunkler wie die Genese des gewöhnlichen Diabetes ist jene des sogenannten künstlichen.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Jedenfalls wird der im Organismus direct weiter umgesetzte Zucker durch diese seine Umsetzung ein wichtiger Factor zur Entwickelung der thierischen Wärme, er wird dadurch zum Respirationsmittel (s. unten). Ob übrigens der in Milchsäure und Buttersäure im Darm umgesetzte, durch diese seine Umsetzungsproducte noch irgend welche andere Arbeit im Körper verrichtet, ist unaufgeklärt.

Milchzucker: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$.

Literatur: Lehmann: Lehrb. d. phys. Chemie. 2. Aufl. Bd. I, S. 277. Bd. III, S. 255. — Dubrunfaut: Compt. rend. T. XLII, p. 228. — Pasteur: ebenda S. 347. — Schrötter u. Lieben: Sitzungsber. der Wien. Akad. Bd. XVIII, S. 180. — v. Becker: Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. V, S. 161. — Frerichs: Die Verdauung: Handwörterb. d. Physiol. Bd. III, S. 1. — Cl. Bernard: Nouvelle fonction du foie. Paris 1853. p. 59. — Derselbe: Arch. gén. de méd. Janvier 1833. — Fr. Hofmeister, Zeitschr. f. physiol. Chem. 1877. Bd. I, 101.

Milchzucker.

Milchweisse, spiegelnde, vierseitige, mit vier Flächen zugespitzte Säulen, hart und zwischen den Zähnen knirschend. Schmeckt schwach süss, ist in kaltem Wasser schwerer löslich als Rohr- und Traubenzucker, löst sich leicht in kochendem Wasser, ist aber unlöslich in Alkohol und Aether. Seine heiss bereitete wässerige Lösung dreht die Polarisationsebene nach rechts und es ist seine specifische Drehung $+ 58{\cdot}2^0$; kalt bereitete Lösungen drehen etwas stärker, aber nach längerem Stehen verschwindet diese stärkere Drehung. Bis auf 130^0 C. erhitzt, verliert er sein Krystallwasser, stärker erhitzt geht er in das braune amorphe Lactocaramel: $C_6H_{10}O_5$, über. Mit Basen bildet er Saccharate, reducirt schon in der Kälte alkalische Kupferoxydlösungen, besitzt aber ein geringeres Reductionsvermögen wie Traubenzucker. Bei dieser Reduction werden saure Producte gebildet (Gallactinsäure und Pectolactinsäure). Verdünnte Säuren verwandeln den Milchzucker in Lactose: eine direct gährungsfähige Zuckerart, welche aber vom Traubenzucker in Krystallform, Rotationsvermögen (specif. Drehung $+ 83{\cdot}3^0$) und durch die Unfähigkeit, sich mit Kochsalz zu verbinden, abweicht. Behandelt man ihn mit Brom und Wasser, so liefert er eine krystallisirbare in Wasser und Alkohol leicht lösliche Säure: Lactonsäure. Salpetersäure verwandelt den Milchzucker in Weinsäure, Schleimsäure und Oxalsäure.

Durch Hefe geht er zuerst in Lactose über, dann aber spaltet er sich in Weingeist und Kohlensäure; faulende stickstoffhaltige Materien verwandeln ihn in Gährungsmilch- und Buttersäure.

Vorkommen.

Vorkommen. Milchzucker war bis vor Kurzem nur in der Milch der Säugethiere aufgefunden. Fr. Hofmeister machte aber die interessante Beobachtung, dass im Harne von Wöchnerinnen bei Milchstauung Milchzucker auftritt. Früher wurde die in solchen Harnen nachge-

wiesene stark reducirende Substanz vielfach als Traubenzucker angesprochen (u. a. Ginéty). Ueber die wechselnden Mengenverhältnisse dieses Milchbestandtheils verweisen wir auf den III. Abschnitt unter Milch.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Der Milchzucker ist in der Milch in einfacher Lösung enthalten und kann daraus nach Abscheidung des Caseins und Fetts durch blosses Abdampfen krystallisirt erhalten werden.

Abstammung.

Abstammung. Dass der Milchzucker erst im Organismus erzeugt wird, geht unwiderleglich aus dem Umstande hervor, dass er demselben von aussen nicht zugeführt wird, ausser bei Milchgenuss und daraus, dass der mit der Milch zugeführte schon im Darm weitere Veränderungen erfährt. Aus seinem Vorkommen in der Milch beim Fehlen desselben im Blute ergiebt sich übrigens zur Genüge, dass er erst in den Brustdrüsen gebildet werden müsse und es fragt sich nur, aus welchen Materialien er hier entsteht. Diese Frage ist nicht mit Sicherheit gelöst; allein wenn es ausserhalb des Organismus bisher auch nicht gelungen ist, Traubenzucker in Milchzucker überzuführen, so sprechen doch einige Thatsachen für seine Bildung aus Traubenzucker unter Bedingungen, die wir ausserhalb des Thierkörpers nicht herzustellen vermögen. v. Becker beobachtete nämlich, dass säugende Kaninchen, denen er Traubenzuckerlösung in das Blut injicirte, weit weniger Zucker und nur auf kürzere Zeit durch den Harn ausschieden, als nicht säugende, und Cl. Bernard fand in der Milch von Kaninchen und Hunden, denen grosse Mengen Traubenzucker oder Rohrzucker ins Blut injicirt, oder die durch die Piqûre diabetisch gemacht waren, immer nur Milchzucker, während sich sonst in allen Flüssigkeiten Traubenzucker vorfand. Andererseits aber ist wohl ins Auge zu fassen, dass durch diese Experimente eigentlich nur bewiesen wird, dass unter Bedingungen, wie die der Injection von Traubenzucker ins Blut, die also weit entfernt sind, normale zu sein, letzterer in Milchzucker übergehen könne. Möglicher Weise könnte die Bildung des Milchzuckers in der Milchdrüse Folge einer Spaltung der Albuminstoffe sein.

Verwandlungen und Austritt.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Der Milchzucker kehrt, insoferne die Milch säugender Thiere wieder resorbirt wird, in den allgemeinen Kreislauf zurück und wird hier wahrscheinlich in ähnlicher Weise weiter verwandelt, wie Traubenzucker. Das Auftreten des Milchzuckers im Harne bei Milchstauung beweist aber, dass er ähnlich wie der Traubenzucker, der Oxydation im Organismus entgehen könne. Dafür, dass sich der Milchzucker im Blute wie Traubenzucker verhält, sprechen auch Injectionsversuche. So wie Traubenzucker verschwindet er im Blute so lange, bis seine Menge in selbem eine gewisse Höhe erreicht hat, dann aber geht er in den Harn als Traubenzucker, oder auch wohl als solcher (Fr. Hofmeister) über.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Die physiologische Bedeutung des Milchzuckers ist die eines Bestandtheils der Milch, sonach die eines wichtigen Nahrungsmittels. Der Ernährungswerth der Milch wird wesentlich durch die darin enthaltene bestimmte Mischung von Eiweisskörpern, Kohlehydraten, Fetten und Salzen repräsentirt.

Inosit: $C_6H_{12}O_6 + 2H_2O$ (kryst.)

Literatur: Scherer: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. LXXIII, S. 322; Bd. LXXXI, S. 375. — Vohl: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. C, S. 125, Bd. CI. S. 50. — Cloëtta: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. XCIX, S. 289. — W. Müller: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. CIII, S. 140. — Neukomm: Inaug. Dissert. Zürich. 1859. — Valentiner: Arch. d. wissensch. Heilkunde. Bd. V, S. 63. — Gallois: De l'Inosurie. Paris 1864. — Marmé: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. CXXIX, S. 222. — Limpricht: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. CXXXIII, S. 297. 300. — Schultzen: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863. Nr. 1, S. 25. — Naunyn, ebenda: Nr. 4. S. 417. — Holm: Journ. f. prakt. Chem. C, 150. Unters. zur Naturl. X, 456. — Dähnhardt: Arb. aus dem Kiel. physiol. Inst. S. 157. — Städeler: Journ. f. prakt. Chem. LXXIII, 48. — Külz: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1875. 933. — Strauss: Die einfache zuckerlose Harnruhr. Tübingen 1870. — Grübler: Ber. d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Math.-phys. Cl., 16. Juni 1875.

Inosit.

Meist blumenkohlartig gruppirte, zuweilen aber auch einzeln anschiessende und dann 3 bis 4''' lange Krystalle, dem klinorhombischen Systeme angehörend. Verwittern an der Luft, schmecken deutlich süss, sind in Wasser leicht löslich, schwer in Weingeist, unlöslich in Alkohol und Aether. Der Inosit wird durch Kochen mit Sänren oder mit Alkalien nicht verändert, seine wässerige Lösung gährt mit Bierhefe nicht, ist optisch unwirksam und löst Kupferoxydhydrat, ohne es beim Kochen und bei Gegenwart von Alkalien zu reduciren. In Berührung mit faulenden Albuminstoffen verwandelt er sich in Gährungsmilch- und Buttersäure. Beim Erhitzen auf Platinblech verbrennt er ohne Rückstand. Längere Zeit mit concentrirter Salpetersäure behandelt, geht er in Nitroinosit über, der Silberoxyd und Kupferoxyd reducirt.

Wird Inosit auf Platinblech mit etwas Salpetersäure fast zur Trockne verdampft, der Rückstand mit Ammoniak und einem Tropfen Chlorcalciumlösung versetzt und vorsichtig zur Trockne abgedampft, so entsteht eine lebhaft weinrothe Färbung, die noch $^1/_{30}$ Gran Inosit erkennen lässt (Scherer's Probe).

Wird eine inosithaltige Flüssigkeit bei gelinder Wärme nahe zur Trockne verdampft und ein Tröpfchen einer Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd hinzugefügt und vorsichtig zur Trockne gebracht, so erhält man einen gelblichweissen Rückstand, der bei weiterem vorsichtigen Erwärmen dunkelrosenroth wird. Beim Erkalten verschwindet die Färbung, kommt aber durch Erwärmen wieder zum Vorschein. (Gallois's Probe.)

Mikroskop. Abbild. bei Funke: Atl. 2. Aufl. Taf. V, Fig. 3.

Vorkommen. Der Inosit wurde bisher gefunden: im Herzmuskel, im Pferdefleische, im Ochsenblute, im Rinderharn, in der Echinococcusflüssigkeit von Schafen, im Gewebe der Leber, der Lunge, der Milz, der Nieren und der Nebennieren, im Gehirn und pathologisch im Harn bei Morbus Brighti, nach dem Gebrauche von Drasticis im Stadium der Urämie, bei Diabetes, wo zuweilen Inosit allmählich an die Stelle des ursprünglich vorhanden gewesenen Traubenzuckers tritt, nach Ausführung der Piqûre, wo ebenfalls zuweilen statt des Traubenzuckers Inosit auftrat, nach Einfuhr grosser Flüssigkeitsmengen in den Organismus, bei Kochsalzdiabetes von Kaninchen (Strauss, Külz), bei Gehirntumoren (Schultzen), bei einem Cholerareconvalescenten (Dönitz), und endlich in den willkürlichen Muskeln von Säufern in sehr erheblicher Menge. Im Herzmuskel der betreffenden Leichen war Inosit nicht nachzuweisen, dagegen fand sich in einem Falle eine kleine Menge im Zellgewebssafte (Valentiner).

Vorkommen.

Zustände im Organismus. Der Zustand des Inosits im Organismus ist nach Allem, was wir von ihm wissen, wohl der der einfachen Lösung.

Zustände im Organismus.

Abstammung. Ueber die Abstammung des Inosits herrscht vollständiges Dunkel. Dass er im Organismus selbst erst erzeugt wird, dürfte wohl mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen sein, obgleich er im Pflanzenreiche ebenfalls ziemlich häufig vorkommt (Vohl, Marmé, Hilger). Der von Vohl beobachtete merkwürdige Fall eines Diabetes inositus, wo Inosit nach Traubenzucker im Harn auftrat, lässt die Möglichkeit seiner Bildung aus irgend einem Kohlehydrat zu, während andererseits durch nichts bewiesen ist, dass er als ein rein excrementitieller Körper aufzufassen sei, dem keine weitere Bedeutung im Körper mehr zufiele.

Abstammung.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Der Inosit ist kein Bestandtheil normaler Excrete, er muss daher im Organismus weitere Verwandlungen erfahren. Dass er dabei ähnliche Producte liefern werde, wie die eigentlichen Zuckerarten, ist mindestens wahrscheinlich, gewiss aber, dass seine Endproducte keine anderen sein können, wie Kohlensäure und Wasser.

Verwandlungen und Austritt.

Physiologische Bedeutung. Dieselbe ist, wie sich schon aus Obigem zur Genüge ergiebt, völlig unaufgeklärt.

Physiologische Bedeutung.

Scyllit nennen Frerichs und Städeler einen von ihnen in mehreren Organen der Plagiostomen, am reichlichsten in den Nieren des Rochen und Haifisches, aber auch in der Leber und Milz dieser Thiere aufgefundenen Stoff, der dem Inosit sehr ähnlich ist, sich aber davon durch nachstehende Charaktere unterscheidet: Krystallisirt in abweichenden Krystallformen, hat kein Krystallwasser, ist schwerer löslich in Wasser und giebt nicht die Scherer'sche Inositreaction. In Salpetersäure ohne Zersetzung löslich. Zusammensetzung unbekannt,

Scyllit.

Glykogen.

Literatur: Cl. Bernard: Leçons faites au Collége de France. 1854. I. Vol. p. 241, 393; Compt. rend. XLI, 1855; Leçons 1857. IV, 444. VII, 125; Compt. rend. XLIV, 23. Mars; Compt. rend. XLIV, p. 1330; Compt. rend. XLVIII, p. 77, 673, 884. — Hensen: Arch. f. pathol. Anat. IX, 214; Verhandl. der Würzb. med. phys. Gesellsch. VII. 2. Heft; Arch. f. path. Anat. XI, 395. — M. Schiff: Arch. f. physiol. Heilkunde. N. F. I, 263. — Derselbe: Compt. rend. XLVIII, p. 880. — E. Pelouze: Compt. rend. XLIV, 1321. — Kekulé: Verhandl. d. naturhist. med. Vereins zu Heidelberg. Nr. IV, 1858. — Fr. Lochner: Ueber die zuckerbild. Substanz der Leber. Dissert. Erlangen 1858. — Gorup-Besanez: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. CXVIII, S. 227. — Valentin: Unters. zur Naturlehre. III, 195. — Figuier: Compt. rend. I. 1857. Nr. 23. II, Nr. 4; Gaz. hébdomad. Nr. IV. Nr. 24. Nr. 33, 35; Gaz. méd. Nr. 25, 32. — Sanson: Compt. rend. 1857. I. Sem. Nr. 22. I, Nr. 26. II, Nr. 10; Gaz. méd. 1857 Nr. 32; Journ. de Physiol. 1858. I, 244. — Poiseuille u. Lefort: Compt. rend. 1858, I, 565; Gaz. méd. Nr. 31; Compt. rend. 1858. I, 677. — Poggiale: Journ. de Physiol. 1858. I, 549. — Brachet: De la glycogénie hepatique. Lyon 1858. — Bérard: Gaz. hébdomad. IV, Nr. 21. 1857. — C. S. Lehmann: Schmidt's Jahrb. XCVII. I, 1. — H. Nasse: Arch. f. wissensch. Heilkunde. 1858. IV, 75. — Bonnet: 1857. Compt. rend. II. Sér. Nr. 4. — Gaz. méd. Nr. 32. W. Pavy, Guy's hospital rep. 1858. Vol. IV, 291, 315. — Moreau: 1858. Gaz. méd. Nr. 19. — Serres: Compt. rend. XLVIII, p. 86. — W. Kühne: Arch. f. path. Anat. XXXII, 536. — Derselbe: Lehrb. d. phys. Chem. 1866, S. 66. — Grohe: Greifswalder med. Beitr. III, Heft 1. — Mc Donnell: Compt. rend. LX, 963. Med. Centralbl. Nr. 23. 1865. — Americ. Journ. of med. science XLIII, 214; XLVI, 523. — Tscherinoff: Sitzungsber. d. Wien. Akad. LI. 2te Abth. 412. Med. Centralbl. Nr. 43. 1865. — Stüde: Zeitschr. für rat. Med. 3. R. XXI, 28. — Winogradoff: Arch. f. path. Anat. XXVII, 533. — Rouget: Compt. rend. 1859. 792. 1018; Journ. de Physiol. T. II, p. 83. 308. — Schterbakoff: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1870. 200. — Hoppe-Seyler: Handb. der phys. u. path. chem. Analyse. 3. Aufl. S. 118. — Brücke: Wiener akad. Sitzungsber. LXIII. II. Abth. 1871. Februar. — Hoppe-Seyler: Med. chem. Untersuch. IV, 494. — O. Nasse: Arch. f. Physiol. II, 97. — Bizio: Zeitschr. f. Chem. 1867. 745. — Bock und Hoffmann: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1871. 550. — Tscherinoff: Arch. f. path. Anat. XLVII, 102. — Dock: Arch. f. Physiol. 1872. 571. — Woroschiloff: bei Hoppe-Seyler: Arch. f. Physiol. 1873. 410. — Schöpffer: Beitr. zur Kenntn. der Glykogenbildung in der Leber. Dissert. Bern 1872. — Derselbe: Arch. f. exper. Path. 1873. I, 72. — S. Weiss: Wiener akad. Sitzungsber. LXIV. I. Abth. 1871. Juli, und ebend. LXVII, III. Abth. 1873. Januar. — Scheremetjewski: Ber. d. königl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1869. 154. — Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. XXXI, 234. — Tieffenbach: Ueber die Existenz der glykogenen Function der Leber. Dissert. Königsberg 1869. — W. Ogle: St. George hospital reports III, 1868. 149. — Dareste: Compt. rend. 1871. I, 845. — Hoppe-Seyler: Arch. f. Physiol. 1873. 399. — Bizio: Compt. rend. LXV, 175. — Luchsinger: Arch. f. Physiol. VIII, 289. — Salomon: Med. Centralbl. 1874. Nr. 12. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1874. Nr. 47. — Goldstein: Würzb. Verhandl. 1874. VII, 1. — Salomon: Arch. f. path. Anat. LXI, 343. — H. Pink: Zur Lehre vom Diabetus mellitus etc. Dissert. Königsb. 1874. — G. Heidenheim: Beitr. zur Lehre des Diabetes mellitus. Dissert. Königsb. 1874. — v. Wittich: Zur Statik des Leberglykogens. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1875. 113. — Derselbe: ebenda

113. — Wikham Legg: Arch. f. experim. Pathol. II. Heft. 5. — Luchsinger: Experim. u. krit. Beitr. z. Physiol. u. Path. d. Glykogens. Dissert. Zürich 1875. — Chittenden: Ann. d. Chem. u. Ph. Bd. CLXXVIII, 266. — Konjikoff: Ueber den Einfluss gewisser Agentien auf die Menge des Glykogens der Leber. Dissert. St. Petersb. 1876. — Seegen: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1876. 849. — Derselbe u. Kratschmer: Arch. f. Physiol. XIV, 593. — Wolffberg: Zeitschr. f. Biologie XII, 266. — v. Vintschgau u. Dietl: Arch. f. Physiol. XII, 253. — v. Mering: ebenda XIV, 274. — Külz u. Frerichs: ebenda XIII, 460. — Chandelon: ebenda XIII, 626. — O. Nasse: ebenda XIV, 473. — Abeles: Wien. med. Jahrb. 1876. Heft 2.

Glykogen.

Gereinigt ein schneeweisses, mehlartiges Pulver, unter dem Mikroskope vollkommen amorph, geschmack- und geruchlos, quillt in Wasser kleisterartig auf und löst sich beim Erwärmen rasch zu einer opalisirenden Flüssigkeit, welche auf Zusatz von Aetzkali klar wird. Die wässerigen Lösungen zeigen starke rechtsseitige Circumpolarisation (etwa 3 mal so stark wie Traubenzucker, Hoppe-Seyler). In Alkohol und Aether unlöslich. Jod bewirkt burgunderrothe Färbung. Speichel, Pankreassaft, Lebersaft, Blut, Diastas, lösliche Eiweisskörper selbst in minimalen Mengen, sowie verdünnte Säuren verwandeln es langsam in eine Zuckerart, die aber wahrscheinlich vom Traubenzucker verschieden ist. Salpetersäure giebt in der Kälte Xyloidin, beim Kochen Oxalsäure. Wird zuweilen in Gestalt einer gelblich-weissen, gummiähnlichen Masse erhalten, deren übrige Eigenschaften sonst keine wesentlichen Verschiedenheiten darbieten. Glykogenlösungen lösen Kupferoxydhydrat, beim Erwärmen wird letzteres aber nicht reducirt. Von Kupferoxyd-Ammoniak wird das Glykogen gelöst und durch Salzsäure aus der Lösung wieder gefällt.

Die Analysen verschiedener Präparate führten zu den Formeln: $C_6 H_{10} O_5$, $C_6 H_{12} O_6$, $C_{12} H_{14} O_7$, während Schtscherbakoff dem Glykogen die Molecularformel $C_{30} H_{50} O_{25}$ zuertheilt.

Vorkommen.

Vorkommen. Das Glykogen, welches nach Obigem in seinen Eigenschaften ungefähr zwischen Stärke und Dextrin die Mitte hält, findet man vor Allem in der Leber und zwar als constanten Bestandtheil derselben so lange das Organ normal functionirt. Bei hungernden Thieren aber, bei Krankheiten dieses Organs und Ernährungskrankheiten überhaupt verschwindet das Glykogen. Fünftägiges Hungern bei Thieren genügt, um das Glykogen völlig aus der Leber verschwinden zu machen (Dock, Pink, Luchsinger, Konjikoff). Während der Periode des Fötallebens tritt, wie Cl. Bernard gefunden hat, diese Substanz ebenfalls auf und zwar bei Nagern: Kaninchen, Meerschweinchen u. dergl., in einer zwischen mütterlicher und embryonaler Placenta gelegenen Zellenmasse; bei Wiederkäuern in die innere Fläche des Amnion überziehenden Zellen, welche aber im dritten bis vierten Monat des Embryonallebens schwinden. Ferner findet sich Glykogen in vielen anderen embryonalen Organen, namentlich in embryonalen Lungen, Knorpeln, Muskeln und Epithelien (Rouget). Nicht auffinden konnte es Cl. Bernard

in den serösen Häuten und ebensowenig in den Drüsen, während es sich in den mit Epithelium überkleideten Drüsenausführungsgängen vorfand; ebenso fand es Cl. Bernard im Muskelgewebe zu jener Periode, wo die histiologischen Elemente desselben sich deutlich zu entwickeln beginnen. Sowie aber die definitive Bildung des Epitheliums beginnt, gegen den dritten oder vierten Monat, soll das Glykogen allmählich verschwinden. Dagegen wurde es in der Leber neugeborener Kinder gefunden (Salomon). Glykogen wurde ferner nachgewiesen in den farblosen Blutzellen (Hoppe-Seyler), in den Muskeln auch erwachsener Thiere (O. Nasse), so namentlich von Kaninchen, Hühnern und Hunden, von Karpfen, in der Muskelhaut des Schweinemagens (Brücke), in den ersten Anfängen des sich entwickelnden Hühnchens (Cl. Bernard), in einer Papillargeschwulst (Hoppe-Seyler), in den Hoden von Hunden unmittelbar nach der Castration, in den Lungen bei Pneumonie mit eitriger Infiltration, in Leber, Gehirn und Hoden bei Diabetes (Grohe), während Kühne in einem exquisiten Diabetes es nur in der rechten Lunge nachzuweisen vermochte. Endlich hat man reichliche Mengen von Glykogen in Mollusken, namentlich Muscheln aufgefunden (Bizio, Chittenden).

Darstellung.

Darstellung. Aus der Leber gewinnt man das Glykogen, 1) indem man dieselbe zerkleinert in kochendes Wasser einträgt, ohne längeres Kochen colirt, sodann filtrirt, auf ein kleines Volumen concentrirt und mit Alkohol fällt. Zur Reinigung löst man es wieder in Wasser und entfärbt die Lösung mit Thierkohle (Hoppe-Seyler). — Oder, 2) man spritzt die Leber so lange mit Wasser aus, als dasselbe noch milchig abläuft, erhitzt die Flüssigkeit zur Abscheidung der Albuminstoffe rasch zum Kochen, und fällt das Filtrat mit Alkohol. Man löst das gefällte Glykogen wieder in Wasser, kocht die Lösung unter Zusatz von etwas Essigsäure, wobei gewöhnlich noch ein Rest von Eiweisskörpern sich abscheidet, fällt wieder mit Alkohol und behandelt zur Entfernung von Fetten mit Aether (Gorup-Besanez). Ich habe auf diese Weise schneeweisses, vollkommen stickstofffreies der Formel $C_6H_{12}O_6$ entsprechendes Glykogen erhalten. 3) Man wirft die zerschnittene Leber frisch getödteter Thiere in siedendes Wasser, lässt sie darin schnell kochen, zerreibt sie, giebt den Leberbrei in dasselbe Wasser zurück, kocht wieder und kühlt möglichst rasch ab. Nach dem Erkalten fügt man abwechselnd Jodquecksilber-Jodkalium und Salzsäure so lange hinzu, als noch ein Niederschlag entsteht, lässt kurz stehen, filtrirt und fügt zu dem Filtrat unter stetem Umrühren soviel Weingeist, dass Glykogen sich reichlich abscheidet, lässt absetzen und filtrirt. Das abgeschiedene Glykogen wäscht man zunächst mit 60proc. Weingeist so lange aus, bis das Abtropfende eine Kalilösung, der Ammoniak oder Salmiak zugesetzt ist, nicht mehr trübt; sodann wäscht man mit Weingeist von 95 Proc. vollständig aus, und befreit es durch Behandlung mit Aether von Fett (Brücke). Letzteres Verfahren wurde auch zur quantitativen Bestimmung des Glykogens benutzt. Eine mehrfach zur Darstellung benutzte Methode, wo die Leber mit Kali gekocht wird, ist unzulässig, da bei dieser Behandlung das Glykogen chemisch verändert wird. (v. Vintschgau u. Dietl.)

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Das Glykogen ist nach den Untersuchungen von Schiff, Bock und Hoffmann, mit denen auch die von Cl. Bernard an embryonalen Geweben gemachten Beobachtungen übereinstimmen, nicht in Lösung, sondern in Gestalt von Zellen abgelagert.

Abstammung.

Abstammung. Dieselbe ist noch controvers. Da dem Körper ein Kohlehydrat von den Eigenschaften des Glykogens durch die Nahrung nicht zugeführt wird, so muss dasselbe nothwendiger Weise erst im Organismus gebildet werden. Da nun nach den übereinstimmenden Beobachtungen aller jener Forscher, welche sich mit dieser Frage beschäftigten, Injection von Kohlehydraten, wie Rohrzucker, Traubenzucker, Milchzucker, Fruchtzucker, Inulin, in das Blut von Thieren, oder auch wohl Einverleibung in den Magen rasche Steigerung der Glykogenbildung in der Leber, und bei hungernden Thieren, wo alles Glykogen aus der Leber verschwindet, Wiederauftreten desselben zur Folge hat, so muss allerdings an eine Glykogenbildung aus Kohlehydraten gedacht werden. Einige Physiologen nehmen nun in der That eine directe Umwandlung der eingeführten Kohlehydrate in Glykogen an (Pavy, Dock, Luchsinger), während andere (Tscherinoff, Tieffenbach, Ogle, S. Weiss) der Meinung sind, dass die Kohlehydrate nur dadurch zur Anhäufung des Leberglykogens beitrügen, dass durch ihre Oxydation das Leberglykogen gewissermaassen geschützt, d. h. nicht verbraucht würde (Ersparnisstheorie). Directe Beweise liegen weder für die eine noch die andere Theorie vor. Unzweifelhaft erscheint es aber nach zahlreichen Beobachtungen, dass sich im Organismus überhaupt, namentlich aber auch in der Leber Glykogen bilden kann, welches nicht von Kohlehydraten stammt. Denn Ansteigen des Leberglykogens findet auch nach Injection oder Verfütterung von Glycerin und Arbutin (S. Weiss, Luchsinger, Salomon, Pink, v. Mering), sowie nach Fütterung mit Eiweiskörpern und mit Leim statt (S. Weiss, Luchsinger, Salomon, Wolffberg, v. Mering). Wolffberg namentlich fand, dass bei gleicher Menge von Kohlehydraten der Nahrung, bei den Versuchsthieren das Glykogen mit steigender Eiweisszufuhr zunahm, Thatsachen, welche auf Glykogenbildung durch Zersetzung der Eiweisskörper hinweisen. Wie aber Glykogen aus Glycerin, Arbutin und Eiweisskörpern entsteht und warum Mannit, Inosit, Quercit, Erythrit und Fett (Salomon, Tscherinoff, v. Mering) sich bei Einfuhr in den Organismus als unfähig erweisen, in Glykogen überzugehen, ist vollkommen dunkel.

Verwandlungen und Austritt.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Berücksichtigt man, dass Glykogen durch diastatische Fermente in Zucker übergeführt wird, die grosse Verbreitung derartiger Fermente im Thierkörper nicht nur im Allgemeinen nachgewiesen ist, sondern namentlich für das Glykogen der Beweis geführt ist, dass Eiweisskörper selbst in minimalen Mengen unter bestimmten Voraussetzungen, dasselbe in Zucker verwandeln (Seegen und Kratschmer), so sollte man meinen, die Frage nach den weiteren Schicksalen des Glykogens sei entschieden, und zwar dahin, es werde dasselbe, sofern es keine andere Verwendung findet, in Zucker umgesetzt und verfalle der Oxydation. Diese Anschauung konnte auf das Leberglykogen vor Allem Anwendung finden. Cl. Bernard entdeckte, dass die Leber frisch getödteter Thiere reichlich Zucker enthalte, er wies

als Material dieser Zuckerbildung das Glykogen (daher der Name) nach, er wie Lehmann zeigten, dass das aus der Leber abströmende Lebervenenblut reichlich, das Pfortaderblut dagegen nur Spuren von Zucker enthalte, er zeigte endlich, dass die Zuckerbildung in der Leber auch bei ausschliesslicher Fleischnahrung erfolge. Seit aber Pavy auf Grund seiner Versuche die Zuckerbildung in der Leber für eine postmortale Erscheinung erklärte und in der That nachwies, dass die ganz frische Leber keinen oder nur Spuren von Zucker enthalte, und seit die Resultate der Versuche von Pavy durch Meissner, Ritter u. A. bestätigt wurden, ist es nicht mehr möglich, die Frage für erledigt zu halten. Auch heute noch wird die schlechthin postmortale Zuckerbildung in der Leber bestritten, so namentlich von Cl. Bernard, von anderer Seite dagegen behauptet. So lange aber diese Frage nicht endgültig entschieden ist, kann von einer Erörterung der Verwandlungen des Glykogens im Stoffwechsel ernstlich nicht die Rede sein.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Die physiologische Bedeutung des Glykogens in der Leber und den Muskeln fällt mit der Frage seiner Abstammung zusammen, und ist ebenso wenig endgültig festgestellt, wie letztere. Wenn Zuckerbildung in der Leber während des Lebens nicht stattfindet, so muss sich das Glykogen in andere Körpergruppen umsetzen. Auf Grund der bereits oben berührten Erfahrung, dass reichlich mit Kohlehydraten gefütterte Thiere neben viel Glykogen auch viel Fett in der Leber ansetzen, nahm man Umwandlung des Glykogens in Fett an (Pavy, Tscherinoff). Gegenwärtig, wo in der Physiologie die früher herrschende Ansicht, die Muskelthätigkeit werde durch die Umsetzung der Eiweisskörper bedingt, mehr und mehr an Boden verliert, leitet man sie von dem Umsatze der stickstofffreien Muskelbestandtheile her und hat mit grösserer oder geringerer Bestimmtheit die Meinung ausgesprochen, dass die Erstarrung und Thätigkeit des Muskels mit einem Verbrauche von Glykogen und Zucker verbunden sei (O. Nasse, Sigm. Weiss). Aehnliche Ansichten über die physiologische Bedeutung des Glykogens haben Tieffenbach und Ogle entwickelt. Seitdem man sein Vorkommen in den fötalen Geweben zur Zeit ihrer Entwickelung und sein Verschwinden in diesen zur Zeit, wo es in der Leber auftritt, ermittelte, erscheint seine physiologische Bedeutung noch in einem anderen: in einem histiogenetischem Lichte und eine Theilnahme an der Bildung gewisser Gewebe für mindestens wahrscheinlich (M'Donnel, Cl. Bernard). Es ergiebt sich hieraus eine merkwürdige Analogie der pflanzlichen und thierischen Entwickelung. Sowie sich bei den Pflanzen die Stärke in den den Pflanzenembryo umgebenden Zellen anhäuft, ebenso sammelt sich das Glykogen um den Fötus des Thieres herum an. Die Substanz, welche die Entwickelung der Organe des Fötus vermittelt, wird auch im Organismus des Erwachsenen in einem Organe von dem Momente an gebildet, in welchem dessen Function beginnt und gleichzeitig verschwindet sie aus dem Protoplasma und aus den werdenden Geweben.

Dextrin: $C_6H_{10}O_5$.

Literatur: Sanson: Compt. rend. XLIV, p. 1323. 1325. — Pelouze: Ebenda p. 1321. — Cl. Bernard: Ebenda p. 1325 — 1331. — Limpricht: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXXXIII, 295. — Brücke: Wien. akad. Sitzungsber. LXIII. II. Abth. 1871. Febr. — Derselbe: Vorles. über Physiologie. Wien 1874. Bd. I, S. 223. — O. Nasse: Arch. f. Physiol. XIV, 473. — Reichard: Pharm. Zeit. f. Russl. XIV, 45.

Dextrin.

Kommt in den meisten Eigenschaften, sowie auch im äusseren Ansehen mit dem gewöhnlichen Gummi überein. Die Unterscheidungsmerkmale sind, dass es die Polarisationsebene des Lichtes stark nach rechts dreht, bei der Behandlung mit Salpetersäure keine Schleimsäure, sondern nur Oxalsäure giebt und endlich von Bleiessig nicht gefällt wird. Durch Diastas und verdünnte Säuren wird es in Traubenzucker verwandelt. Nach dem Verhalten der Dextrinlösungen zu Jod, unterscheiden Brücke und O. Nasse Erythrodextrin, dessen Lösungen sich mit Jod roth färben und Achroodextrin, welches sich mit Jod gar nicht färbt. Letzteres bildet sich bei längerer Einwirkung verdünnter Säuren auf Stärke.

Vorkommen.

Vorkommen. Dextrin findet sich nach Sanson, Pelouze und Cl. Bernard im Blute der Lungen und anderer Organe und zwar sowohl bei Carnivoren als bei Herbivoren, bei letzteren jedoch in grösserer Menge. Poiseuille und Lefort dagegen vermochten kein Dextrin im Blute mit Fleisch gefütterter Hunde nachzuweisen. Scherer und Limpricht fanden es in grosser Menge im Pferdefleische, letzterer auch in der Leber eines mit Hafer gefütterten Pferdes, in welcher das Glykogen fehlte. Das Fleisch dieses Pferdes enthielt kein Dextrin. Auch im Darminhalte findet es sich zuweilen. Reichard endlich wies es in dem Harne von Diabetikern zu jener Zeit nach, wo der Zucker bis auf Spuren verschwindet. Es kann nicht bezweifelt werden, dass das im Thierkörper vorkommende Dextrin theils vom Glykogen der Leber, theils von der Nahrung stammt.

Seine sonstigen physiologischen Beziehungen fallen mit denen des Glykogens und Zuckers zusammen.

II. Producte der eigentlich regressiven Stoffmetamorphose.

Amidosäuren, Amide, Ureïde etc.

Glycin (Glykocoll, Amidoessigsäure).

$$C_2H_5NO_2 = \begin{array}{l} CH_2NH_2 \\ | \\ CO(OH) \end{array}$$

Literatur: Braconnot: Ann. d. Chim. Phys. XIII, 114. — Mulder: Journ. f. pr. Chem. XVI, 290. — Dessaignes: Compt. rend. XXI, 1224. —

Horsford: Ann. d. Chem. u. Pharm. LX, 1. — Perkin u. Duppa: Chem. Soc. Quart. Journ. XI, 22. — Cahours: Compt. rend. XLVI, 1044. — Schultzen u. Nencki: Ber d. deutsch. chem. Gesellsch. 1869. 566. — Küthe: Zur Function der Leber Leipzig und Heidelberg 1861. — Emmerling: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VI, 1351. — Nencki: ebenda VII, 1593. — Derselbe: Ueber die Zersetzung der Gelatine und des Eiweisses bei der Fäulniss mit Pankreas. Bern 1876. — Chittenden: Ann. d. Chem. u. Pharm. CLXXVIII, 266. — Drechsel: Ber. d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 21. Juli 1875. — Engel: Compt. rend. LXXIX, 808. 1814. — Derselbe: Bullet. de la soc. chim. de Par. XXIII, 435. — P. Schützenberger: Bull. de la soc. chim. de Paris XXV, 146.

Glycin.

Grosse, farblose, durchsichtige Krystalle des monoklinen Systems, luftbeständig, von deutlich süssem Geschmack, bei 178° schmelzend, in höherer Temperatur sich zersetzend. Löslich in Wasser und verdünntem Weingeist, unlöslich in absolutem Alkohol und Aether. Die wässerigen Lösungen reagiren schwach sauer. Wird eine ganz geringe Menge Glycin zu Kupfervitriollösung gebracht, so bewirkt Kaliumhydroxyd keine Fällung, die Flüssigkeit nimmt eine lasurblaue Färbung an und beim Erhitzen scheidet sich kein Kupferoxydul ab. Seine Lösungen färben sich mit Eisenchlorid intensiv roth. Die Färbung verschwindet auf Zusatz von Säuren, tritt aber nach dem vorsichtigen Neutralisiren der Säure wieder auf. Fügt man zu einer Glykocollösung einen Tropfen Phenol und Natriumhypochlorit, so färbt sich die Flüssigkeit blau. Bei der Oxydation mit Kaliumpermanganat in ammoniakalischer Lösung liefert es Kohlensäure, Oxalsäure, Carbaminsäure, Oxaminsäure und Wasser. Verbindet sich mit Basen, Säuren und Salzen. Salpetrige Säure führt es in Glycolsäure, $C_2 H_4 O_3$, über.

Wird am zweckmässigsten durch Kochen von Hippursäure mit Salzsäure dargestellt; wird aber auch synthetisch durch Behandlung von Cyangas mit concentrirter Jodwasserstoffsäure erhalten.

Vorkommen.

Vorkommen. Das Glycin ist als solches im thierischen Organismus bisher nur im breiten Centralmuskel der essbaren Kammmuschel (*Pecten irradians*) von Chittenden aufgefunden; es tritt aber als Spaltungsproduct bei der Zersetzung der Glykocholsäure, der Hyoglykocholsäure und der Hippursäure durch verdünnte Säuren und durch Alkalien auf, und ist in diesen Säuren daher ein Rest des Glycins als ein Component derselben enthalten. Auch bei anderen Zersetzungen thierischer Stoffe tritt es auf, so bei der Zersetzung des Glutins durch Mineralsäuren und Alkalien, bei der Digestion derselben mit Wasser und frischem Ochsenpankreas (Nencki) bei dem Erhitzen desselben, sowie des Fibroins mit Barythydrat (P. Schützenberger) und des Badeschwamms mit Schwefelsäure.

Abstammung.

Abstammung. Die Frage seiner Abstammung fällt mit derjenigen der Abstammung der Gallensäuren und der Hippursäure zusammen und ist daher, soferne es sich um die ersteren handelt, bei diesen bereits besprochen, und wird bezüglich der Hippursäure bei dieser weiter unten besprochen werden.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Da im Darme die Gallensäuren notorisch eine Zersetzung erleiden und sich dort unzersetzte Gallensäuren nicht, wohl aber Cholsäure, Choloidinsäure sowie Taurin vorfinden, so muss das aus der Glykocholsäure sich abspaltende Glycin entweder im Darme noch weiter zersetzt, oder in das Blut resorbirt und dort verbrannt werden. Welche von diesen Möglichkeiten der Wirklichkeit entspricht, lässt sich nicht entscheiden; aber es muss hier erwähnt werden, dass zwar eine directe Ueberführung des Glycins in Harnstoff bisher noch nicht gelungen ist, aber nach den Beobachtungen von Schultzen und Nencki das Glycin, dem Organismus von Hunden einverleibt, in Harnstoff übergeht. Im Harne ihres Versuchsthieres mit constanter Harnstoffausscheidung erschien um genau so viel mehr Harnstoff, als dem Stickstoff des verfütterten Glycins entsprach. Aehnliches wurde bereits früher von Horsford und Küthe gefunden. Wir kommen beim Harnstoff auf diese Fragen zurück.

Verwandlungen und Austritt.

Amidovaleriansäue[1]).

$$C_5H_{11}NO_2 = \begin{matrix} C_4H_8NH_2 \\ | \\ CO(OH) \end{matrix}.$$

Literatur: v. Gorup-Besanez: Ann. d. Chem. u. Pharm. XCVIII, 15. — Fittig: Zeitschr. f. Chem. N. F. I, 503. — Gorup-Besanez: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXLII, 374. — Clark u. Fittig: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXXXIX, 199. — Nencki: Journ. f. pr. Chem. N. F. XV, 390.

Butalanin.

Farblose Blättchen oder sternförmig gestellte Nadeln, im trockenen Zustande dem Leucin sehr ähnlich, leicht löslich in Wasser, fast unlöslich in kaltem Alkohol und Aether, sehr schwer löslich in siedendem Alkohol. Bei vorsichtigem Erhitzen wie es scheint unzersetzt sublimirbar, bei raschem Erhitzen sich unter Entwickelung von Butylamin zersetzend. Liefert mit Säuren wohl charakterisirte krystallinische Verbindungen.

Vorkommen.

Vorkommen. Wurde von mir neben Leucin im Gewebe des Pankreas entdeckt und neuerlich von Nencki bei der Digestion von Eiweiss mit Pankreas, und bei der Digestion des letzteren mit Wasser von 40^0 durch sechs Tage erhalten. Bildet sich auch bei der Fäulniss des Pankreas unter Luftabschluss. Synthetisch wird sie durch Einwirkung von Ammoniak auf Monobromvaleriansäure erhalten. Scheint sich neben Amidobuttersäure auch bei der Zersetzung der Eiweissstoffe durch Aetzbaryt zu bilden (P. Schützenberger).

Leucin (Amidocapronsäure): $C_6H_{13}NO_2 = \begin{matrix} C_5H_{11}NH_2 \\ | \\ CO(OH) \end{matrix}$.

Literatur zu Leucin und Tyrosin. Frerichs u. Städeler: Müller's Arch. 1854. 383; Wiener med. Wochenschr. 1854. Nr. 30; Verhandl. d. naturforsch. Gesellsch. zu Zürich. III. Bd.; ebendas.: IV. Bd. 1855. — Journ. f.

[1]) Dieser Körper findet sich in einigen Lehrbüchern wohl auch als „Butalanin" bezeichnet, ein Name, der übrigens dem nächst niedrigeren Homologen $C_4H_9NO_2$ zukäme, und nicht von mir herrührt.

prakt. Chem. LXIII, 48. — Frerichs: Deutsche Klinik. 1855. Nr. 31; Klinik der Leberkrankheiten. 1858. — Städeler: Verhandl. d. naturforsch. Gesellsch. zu Zürich. März 1860 — Virchow: Arch. f. path. Anat. VIII, 355; Deutsche Klinik. Nr. 4. 1855; ebendas. 1856. — Gorup-Besanez: Ann. d. Chem. u. Pharm. LXXXIX, 115; ebend. XCVIII, S. 1. — Scherer: Arch. f. path. Anat. X, 228; Verhandl. der med. phys. Gesellsch. zu Würzburg. VII, 123; ebenda II, 323; N. Jahrb. f. Pharm. VII, 306; Ann. d. Chem. u. Pharm. CXII, 257. — Cloëtta: Verhandl. d. naturf. Gesellsch. in Zürich. IV. Bd.; Ann. d. Chem. u. Pharm. XCIX, 289. — Neukomm: Inaug. Dissert. Zürich. 1859 u. Reichert's Journ. f. Physiol. 1860. 1. — Bödeker: Zeitschr. f. rat. Med. N. F. VII, 146. — Valentiner: Verhandl. d. naturf. Gesellsch. zu Zürich. III. Bd.; Deutsche Klinik. 1857. Nr. 18. — Schmeisser: Arch. d. Pharm. 2te Folge. C, 11. — W. Müller: Habilitationsschr. Erlangen 1857 u. Ann. d. Chem. u. Pharm. CIII, 131. — Warren de la Rue: Ann. d. Chem. u. Pharm. LXIV, 36. — Kölliker u. H. Müller: Ber. von der physiol. Anst. zu Würzburg. 1856. — V. Schwarzenbach: Verhandl. der phys. med. Gesellsch. in Würzburg. VII. Bd. Heft 3. — L. Meyer: Zeitschr. f. analyt. Chem. III, 199. — Friedreich: Arch. f. path. Anat. XXX, 381. — Barth: Ann. d. Chem. und Pharm. CXXXVI, 110. — Levier: Schweiz. Zeitschr. f. Heilk. Bd. III, S. 140. — Oppler: Arch. f. path. Anat. XXI, 260. — Schultzen u. Nencki: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. II, 566. — Kühne: Arch. f. path. Anat. XXXIX, 130. — Wilson: Edinburgh. med. Journ. XIII. II, 735. — Voit: Zeitschr. f. wissensch. Zoologie XVIII. Hft. 2. 301. — v. Gorup-Besanez: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VII, 146. 569. — Cossa: Gaz. chim. ital. 1875. — Drechsel: Ber. d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 21. Juli 1875. — Küssner: Zur Lehre von den Vorstufen des Harnstoffs. Dissert. Königsberg 1874. — Nencki: Journ. f. prakt. Chem. N. F. XV, 390.

Leucin. Perlmutterglänzende, schneeweisse Blättchen und Schüppchen, unter dem Mikroskope sich unter der Form feiner concentrisch gruppirter, zuweilen kugelige Massen bildender Nadeln darstellend. Geschmack- und geruchlos, bei 170° C. sublimirend und stärker erhitzt sich unter Bildung von Amylamin zersetzend. Löslich in Wasser, unlöslich in kaltem Alkohol und Aether; löst sich in kochendem Weingeist, fällt aber beim Erkalten grösstentheils wieder heraus. Seine Lösungen sind vollkommen neutral. Giebt bei der Behandlung mit salpetriger Säure Leucinsäure, verwandelt sich mit Kalihydrat erhitzt in valeriansaures Kalium und liefert mit Bleisuperoxyd erwärmt Butyraldehyd und Valeronitril. Verbindet sich mit Säuren und Basen. Die Verbindungen mit Säuren sind in Wasser löslich und krystallisirbar, die salzsaure Verbindung giebt mit Platinchlorid ein Doppelsalz. Bei der Oxydation mit übermangansaurem Ammonium liefert es dieselben Producte wie Glycin, namentlich auch Carbaminsäure (Drechsel).

Bei der Digestion von Eiweiss mit Pankreas, noch reichlicher bei Digestion der Drüse mit Wasser allein, erhielt Nencki ein Leucin, welches sich von dem gewöhnlichen durch süssen Geschmack und geringere Löslichkeit in Wasser unterschied. Er hält es für ein isomeres.

Mikroskopische Krystallformen des Leucins bei Funke: Atl. 2. Aufl. Taf. IV, Fig. 2.

Vorkommen. Leucin wurde bisher aufgefunden: im Pankreas und dem Pankreassafte in sehr reichlicher Menge, in der Milz, in der Thymusdrüse, der Thyreoidea, in der Parotis- und Submaxillardrüse, in den Lungen, in der Leber (in normaler in sehr geringer Menge, dagegen bei Leberkrankheiten, bei Typhus, Variola und anderen Krankheiten reichlicher), in der Galle Typhöser, im Mark der Nebennieren, den Nieren, im Gehirn des Rindes, in den Lymphdrüsen; ferner im leukämischen Blute, bei Leberkrankheiten auch im Blute der Lebervenen und Pfortader, im krankhaft veränderten menschlichen Speichel, im Harn bei Lebererweichung, gelber Leberatrophie, Typhus und Variola, in den Cholerine-Darmausleerungen, im Eiter, nicht aber im normalen Blute und Muskelsafte. Dagegen hat Valentiner es im Herzfleische von vier an verschiedenen Krankheiten verstorbenen Individuen (in Folge beginnender Fäulniss?), Oppler in den Muskeln urämischer Hunde und Schultzen und Nencki im Eiter und hydropischen Transsudaten aufgefunden; endlich fand man Leucin in Atherombälgen, verdickten Nägeln an den Zehen (?), in der mit grüner Galle reichlich gefüllten Gallenblase eines *Sarcoramphus Papa* (Berlin), im Magen und Darminhalt der Puppen von *Sphinx pinastri* und *Cossus ligniperda*; bei *Arthropoden*: im Flusskrebs, Spinnen, Raupen und Puppen, sowie in den Schmetterlingen; überhaupt bei niederen Thieren ziemlich verbreitet. Ist neuerdings aber auch in Pflanzen, namentlich als constanter Bestandtheil in den Wickenkeimlingen nachgewiesen (v. Gorup-Besanez, Cossa).

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Ueber die Zustände des Leucins im Organismus wissen wir nichts, doch liegt kein Grund vor, es im Organismus in einem anderen Zustande, als in dem der einfachen Lösung anzunehmen.

Abstammung.

Abstammung. Ueber die Abstammung des Leucins, welches im Thierkörper vorkommt, kann kein Zweifel sein. Wenn man bedenkt, dass die Albuminstoffe unter der Einwirkung der verschiedensten zersetzenden Agentien: der Säuren, der Alkalien und der Fäulniss, Leucin geben, und dass nur aus Albuminstoffen und den ihnen nahe stehenden Albuminoiden bisher Leucin erhalten werden konnte, wenn wir von seiner synthetischen Darstellung absehen, so wird man nicht umhin können, zuzugeben, dass über den Ursprung kaum einer andern im Thierkörper vorkommenden Substanz so unzweideutige Anhaltspunkte vorliegen, und dass für eine andere Abstammung wie die aus Albuminstoffen und Albuminoiden, nicht ein plausibler Grund vorgebracht werden kann.

Die Frage, wie das Leucin und das selbes häufig begleitende Tyrosin aus den Albuminstoffen und Albuminoiden entstehen, ist vorläufig noch nicht mit Sicherheit zu beantworten. Bei einer Vergleichung der Bedingungen, unter denen die eiweissartigen, die albuminoiden und die Leimkörper Leucin und Tyrosin liefern, mit denen, welche im thierischen Körper vorhanden sein können, leuchtet es ein, dass zunächst an einen gährungsartigen Vorgang gedacht werden muss, der durch bestimmte

Fermente in den betreffenden Organen eingeleitet würde (Städeler und Frerichs). Diese Hypothese wird unterstützt durch die Erfahrung, dass Leucin und Tyrosin vorzugsweise in Organen vorkommen, die wie die Speicheldrüse und das Pankreas bekannte Fermente enthalten, dass als Product der Verdauung der Eiweisskörper durch Pankreassecret zuerst Pepton, dann Leucin, Tyrosin und Asparaginsäure auftreten (Kühne), sowie dass ausnahmlos die Hauptorte ihres Vorkommens solche sind, in denen Albuminstoffe längere Zeit aufgespeichert sind. Des Hypothetischen nahezu entkleidet wird aber diese Ansicht durch die Erfahrung, dass während des Keimprozesses gewisser Pflanzen die Reserve-Eiweissstoffe der Samen durch ein in den Samen enthaltenes isolirbares Ferment in Peptone, dann aber in die gewöhnlichen Spaltungsproducte der Eiweisskörper: Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure (resp. Asparagin) und Glutaminsäure umgewandelt werden (v. Gorup-Besanez, Cossa, Schulze und Barbieri).

Verwandlungen und Austritt.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Da das Leucin nur in sehr seltenen pathologischen Ausnahmsfällen in den Harn übergeht, und auch in anderen Excreten für gewöhnlich nicht angetroffen wird, so muss es im Organismus weitere Veränderungen erfahren. Welcher Art aber diese Veränderungen sind und welche Metamorphosen es erleidet, bis es seinen Endproducten entgegengeführt ist und welche diese Endproducte sind, ist noch nicht ermittelt. Wenn es nicht in der Form von intermediären Producten aus dem Körper ausgeschieden wird, so bleibt wohl kaum eine andere Annahme, als die, dass sein Stickstoff als Harnstoff den Körper verlässt, und da bis auf den geringen Stickstoffgehalt des Kothes in der That der Stickstoff der Albuminstoffe in der Regel im Harne wieder erscheint, so muss das Leucin nothwendigerweise zur Bildung des Harnstoffs mit beitragen. Allerdings ist es bisher nicht gelungen, aus Leucin Harnstoff in unseren Laboratorien zu gewinnen, allein Leucin Hunden verfüttert, bedingt nach den Versuchen von Schultzen und Nencki eine entsprechende Vermehrung des Harnstoffs im Harne dieser Thiere.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Wir vermögen dem Leucin im Thierkörper keine andere physiologische Bedeutung, wie die eines Productes der regressiven Stoffmetamorphose zuzuerkennen.

$$\text{Tyrosin: } C_9H_{11}NO_3. = C_6H_3(NH_2)\begin{cases}OC_2H_5\\CO(OH)\end{cases}.$$

Die Constitution des Tyrosins ist noch nicht mit voller Sicherheit ermittelt. Ausser Zweifel ist es, dass es den Benzolrest enthält und eine aromatische Amidosäure, und zwar einer der drei theoretisch möglichen Oxybenzoësäuren ist, was in obiger Formel seinen Ausdruck findet. Ebenso ist es zuerst durch Ost neuerdings wieder bestätigt, dass es ein Derivat der Paroxybenzoësäure ist; aber es schwanken noch die Ansichten darüber, ob ihm die obige Formel,

welche es als Aethylamidoparaoxybenzoësäure erscheinen lässt, oder ob ihm die Formel

$$C_6H_4 \begin{cases} OH \\ C_2H_3(NH_2)COOH \end{cases}$$

zukömmt, nach welcher es als Paraoxyphenylamidopropionsäure zu bezeichnen wäre.

Tyrosin.

Schneeweisse, feine, lange Nadeln, geschmack- und geruchlos, sehr schwer löslich in kaltem, ziemlich leicht in kochendem Wasser, unlöslich aber in Alkohol und Aether. In Säuren und Alkalien löslich, damit wenig constante Verbindungen eingehend. Aus einer Lösung in Ammoniak scheidet es sich beim Verdunsten in grösseren Krystallen ab. Säuren schlagen es aus der alkalischen Lösung wieder nieder. Neutrales essigsaures Blei fällt Tyrosinlösungen nicht. Setzt man aber zu der mit Bleiessig versetzten Lösung etwas Ammoniak, so wird ein Theil des Tyrosins an Blei gebunden gefällt. Wird beim Erhitzen zersetzt und liefert dabei unter anderen Producten Phenol.

Kocht man eine mit Mercurinitrat, welches eine Spur salpetriger Säure enthält, vermischte Lösung des Tyrosins, so färbt sie sich schön roth, und nach kurzer Zeit entsteht ein tiefbraunrother Niederschlag (Tyrosinprobe).

Uebergiesst man Tyrosin mit einigen Tropfen concentrirter Schwefelsäure und erwärmt gelinde, so löst sich dasselbe mit vorübergehend tiefrother Farbe auf. Verdünnt man mit Wasser, setzt Baryumcarbonat bis zum Verschwinden der sauren Reaction zu, kocht auf, um etwa gebildetes zweifach kohlensaures Baryum vollständig zu zersetzen, filtrirt, und setzt tropfenweise eine verdünnte Lösung von Eisenchlorid zu, so erhält man eine schön violette Färbung (Piria-Städeler'sche Tyrosinprobe, sehr empfindlich). Mit Schwefelsäure liefert das Tyrosin Tyrosinschwefelsäure; mit Salpetersäure giebt es Nitrosubstitutionsproducte: Nitrotyrosin, Dinitrotyrosin, und einen rothen dem Hämatin in vielen Beziehungen ähnlichen Farbstoff: Erythrosin; mit Chlor behandelt liefert es gechlortes Chinon und Chloranil; mit Brom Dibromtyrosin; mit Kalihydrat oder Natronhydrat geschmolzen Paraoxybenzoësäure, Ammoniak und wahrscheinlich auch Essigsäure. Bei der Oxydation mit Ammoniumpermanganat soll es Carbaminsäure liefern (Drechsel).

Mikroskop. Krystallisationen des Tyrosins vergl. bei Funke: Atl. 2. Aufl. Taf. IV. Fig. 3.

Vorkommen

Vorkommen: Tyrosin wurde bisher aufgefunden: in der Milz und Bauchspeicheldrüse; unter pathologischen Verhältnissen bei Leberkrankheiten in der Leber, im Blute der Lebervenen und der Pfortader; in der Galle Typhöser; im Auswurf bei croupöser Bronchialaffection (Friedreich); in den Hautschuppen bei Pellagra (Schmetzer); im Harne, zuweilen krystallinische Sedimente bildend neben Leucin bei Lebererweichung und acutur Leberatrophie; bei niederen Thieren ziemlich

häufig, namentlich bei den *Arthropoden* und *Coccus Cacti.* Stets ist es in seinem Vorkommen von Leucin begleitet.

Krystallaggregate von Tyrosin in Gestalt weisser Körner finden sich zuweilen auf thierischen Organen, wenn dieselben in Fäulniss begriffen sind, ebenso auf Weingeistpräparaten (Voit).

Ueber Abstammung, Verwandlungen und physiologische Bedeutung gilt alles beim Leucin Gesagte, nur dürfte zu betonen sein, dass es sich vom Leucin und Glycin darin unterscheidet, dass es verfüttert, die Harnstoffausscheidung nicht vermehrt, sondern unzersetzt im Harne wieder erscheint (Küssner).

Im Harn einer an acuter Leberatrophie leidenden Frau beobachteten Frerichs und Städeler einmal neben Tyrosin einen anderen krystallisirten, leichter löslichen, und mit dem Tyrosin wahrscheinlich homologen Körper.

$$\text{Asparaginsäure: } C_4H_7NO_4 = \begin{matrix} COOH \\ | \\ C_2H_3NH_2. \\ | \\ COOH \end{matrix}$$

Literatur zu Asparaginsäure und Glutaminsäure: Ritthausen u. Kreusler: Journ. f. prakt. Chem. N. F. III, 307. — Ritthausen: Journ. f. prakt. Chem. CIII, 233. CVI, 445. CVII, 218. — Ritthausen: die Eiweisskörper der Getreidearten, Hülsenfrüchte und Oelsamen. Bonn 1872. — Kreusler: Journ. f. prakt. Chem. CVI, 446. CVII, 240. — Hlasiwetz u. Habermann: Ann. d. Chem. und Pharm. CLXIX, 150. — Scheibler: Zeitsch. f. Chem. 1866, S. 278. — Derselbe: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. II, 296. — Schulze u. Barbieri: ebenda X, 85. 199. — v. Gorup-Besanez: ebenda X. 780. — Radziejewsky u. Salkowski: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VII, 1050. — v. Knieriem: Zeitsch. f. Biol. XI, 198.

Asparaginsäure.

Farblose rhombische Prismen, auch rectanguläre perlmutterglänzende farblose Blättchen, nicht flüchtig, in kaltem Wasser und Weingeist schwer, in siedendem Wasser leicht löslich. Die sauren Lösungen lenken den circumpolarisirten Lichtstrahl stark nach rechts, die alkalischen nach links ab. Salpetrige Säure verwandelt sie in Aepfelsäure. Verbindet sich mit Metallen und mit Säuren. Das Kupfersalz krystallisirt in blauen glänzenden zu Bündeln vereinigten Nadeln. Asparaginsaures Aethyl mit Ammoniak gekocht liefert Asparagin: ihr Amid.

$$\text{Glutaminsäure: } C_5H_9NO_4 = \begin{matrix} COOH \\ | \\ C_3H_5(NH_2). \\ | \\ COOH \end{matrix}$$

Glutaminsäure.

Farblose tetraëdrische oder octaëdrische Krystalle des rhombischen Systems, zuweilen milchig trübe und körnig, bei 135 bis 140° schmelzend,

darüber hinaus erhitzt sich zersetzend, schwer löslich in kaltem Wasser, leicht in kochendem, so gut wie unlöslich in Alkohol und Aether. Ihre sauren Lösungen drehen den circumpolarisirten Lichtstrahl stark nach rechts. Salpetrige Säure verwandelt sie in die der Aepfelsäure homologe Glutansäure. Liefert mit Basen Salze, worunter ein in lasurblauen Prismen mit $2^1/_2$ Mol. Krystallwasser krystallisirendes Kupfersalz, verbindet sich aber auch mit Säuren. Salzsaure Glutaminsäure $C_5H_9NO_4, HCl$ bildet leicht lösliche schön weisse trikline Krystalle. Glutaminsäure wie Asparaginsäure reduciren Fehling'sche Kupferlösung beim Erwärmen wie Traubenzucker.

Vorkommen.

Vorkommen, physiologische Beziehungen u. s. w. der Asparaginsäure und Glutaminsäure. Keine von beiden Säuren ist bis nun präformirt im thierischen Organismus aufgefunden. Da sie aber neben Leucin uud Tyrosin zu den constanten und nächsten Spaltungsproducten der pflanzlichen wie thierischen Eiweisskörper gehören, sie selbst oder ihre Amide im Keimprocesse gewisser Pflanzen gebildet werden (Schulze u. Barbieri, v. Gorup-Besanez), die Asparaginsäure endlich durch Einwirkung von Bauchspeichel auf Blutfibrin (Radziejewski u. Salkowski) und auf Weizenkleber (v. Knieriem) erhalten wurde, so ist kaum zu bezweifeln, dass diese beiden Säuren über kurz oder lang im Organismus aufgefunden werden. Dies mag ihre Berücksichtigung an dieser Stelle rechtfertigen.

$$\text{Kreatin: } C_4H_9N_3O_2 + aq. = \begin{array}{l} N(CH_3)CH_2CO(OH) \\ | \\ CNH \\ | \\ NH_2 \end{array} + H_2O.$$

Nach der gegebenen rationellen Formel erscheint Kreatin als Methylguanidinessigsäure, d. h. als Methylguanidin $\begin{array}{l} NHCH_3 \\ | \\ CNH \\ | \\ NH_2 \end{array}$, in welchem 1 At. H durch den Essigsäurerest CH_2COOH ersetzt ist.

Literatur zu Kreatin und Kreatinin: Chevreul. Rapp. sur le bouillon de la compagn. Holland. fait à l'Acad. des scienc. en 1832; Journ. de Pharm. T. XXI, p. 234; Mém. de la soc. centr. d'agricult. 1848. I. part. 658. — Schlossberger: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. XLIX, S. 341. — Pettenkofer: Ann. der Chem. u. Pharm. Bd. LII, S. 97. — W. Heintz: Poggend. Ann. Bd. LXII, S. 602. Bd. LXX, S. 466. — Liebig: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. LXII, S. 257. — Gregory: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. LXIV, S. 100. — Price: Quart. chem journ. III, S. 229. — Valenciennes u. Fremy: Journ. de Chim. et de Pharm. 3me Sér. T. XXVIII. p. 401. — Grohe: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. LXXXV, S. 233. — Socoloff: daselbst Bd. LXXVIII, S. 243. Bd. LXXX, S. 114. — Verdeil u. Marcet: Journ. de Chim. et de Pharm. 3me Sér. T. XX. p. 91. — J. Scherer: Zeitschr. f. wissensch. Zoolo-

gie. Bd. I, S. 91. — W. Müller: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. CIII, S. 131. — Schottin: Arch. f. Heilk. Bd. I, S. 417. — Borsczczow: Würzb. naturw. Zeitschr. Bd. II, S. 65. — Oppler: Arch. f. path. Anat. Bd. XXI, S. 260. — Neubauer: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. CXIX, S. 27; Zeitschr. f. analyt. Chem. Bd. II, S. 22. — Munk: Deutsche Klinik. 1862, S. 299. — Sarokow: Arch. f. path. Anat. Bd. XXVIII, S. 544. — Nawrocki: Centralbl. f. med. Wissensch. 1865, S. 417. Zeitschr. f. analyt. Chem. Bd. IV, S. 169. — Munk: Berlin. klin. Wochenschr. 1864. Nro. 11. — Oppler: Arch. f. path. Anat. Bd. XXI, S. 260. — Perls Königsb. med. Jahrb. Bd. IV, S. 56. — Zalesky: Unters. über. d. urämischen Process. Tübingen 1865. — Neubauer: Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. CXXXVII, S. 288. — J. Ranke: Tetanus. Eine physiol. Studie. Leipzig 1865. — Voit: Sitzungsber. d. Münch. Akad. 1867. 2. März; Zeitschr. f. Biologie IV, 77. — Zantl: Ueber die Ausscheid. von Kreatin und Kreatinin durch den Harn bei versch. Nahr. Dissert. München 1868. — K. B. Hofmann: Arch. f. path. Anat. XLVIII, 1. — Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. XXIV, 1865, S. 100. XXVI, 1866, S. 225. XXXI, 185. 283. — Ssubotin: Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. XXVIII, 114. — M Schultze: Journ. f. prakt. Chem. LXXXII, 1.

Kreatin.

Wasserhelle, glänzende, vollkommen durchsichtige, schiefe rhombische Säulen, die bei 100° C. undurchsichtig matt werden und ihr Krystallwasser verlieren. Das Kreatin löst sich leicht in kochendem Wasser und scheidet sich beim Erkalten wieder aus, in verdünntem Weingeist ist es ebenfalls löslich, aber unlöslich in Alkohol. Die wässerige Lösung ist neutral, schmeckt etwas bitter und zersetzt sich unter Schimmelbildung sehr leicht. Auch in höherer Temperatur wird es zersetzt. Beim Erhitzen mit starken Säuren zerfällt es in Kreatinin und Wasser. Auch schon durch längeres Erwärmen seiner wässerigen Lösung geht es in Kreatinin über; mit Barytwasser gekocht, zerlegt es sich in Sarkosin, Harnstoff und Methylhydantoin: $C_4 H_6 N_2 O_2$.

Mit Säuren bildet es leicht lösliche sauer reagirende Verbindungen. Mit Chlorzink giebt es eine krystallisirende Doppelverbindung.

Mikroskop. Abbild. bei Funke: Atl. 2. Aufl. Taf. IV. Fig. 4. — Robin u. Verdeil: Atl. Pl. XXII. Fig. 2, 3. Pl. XXIII. Fig. 1, 2. Pl. XXIV. Fig. 1, 2. Pl. XXVI. Fig. 1, 2, 3. Pl. XXVII. Fig. 2.

Vorkommen.

Vorkommen. Kommt constant und als Normalbestandtheil im Safte der gestreiften und glatten Muskeln aller Thierclassen vor, und wurde ausserdem auch im Safte der contractilen Faserzellen, im Gehirn, im Gewebe des schwangeren Uterus, zuweilen im Harn (wohl erst durch Zersetzung aus Kreatinin entstanden), im Blute und in der Amniosflüssigkeit nachgewiesen.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Das Kreatin tritt im Organismus, soweit unsere Erfahrungen reichen, überall in Lösung auf.

Abstammung.

Abstammung. Es kann nicht bezweifelt werden, dass das Kreatin von den stickstoffhaltigen Gewebsbestandtheilen seinen Ursprung nimmt; sein constantes Auftreten im Muskelsafte und im Safte der contrac-

tilen Fasern überhaupt, sowie anderseits sein Fehlen in anderen drüsigen Organen, mit Ausnahme des Gehirns, deuten unzweifelhaft auf eine nahe Beziehung desselben zum Stoffwechsel des Muskelgewebes hin. In der That wird es in keinem anderen Organe in so grosser Menge und so constant durch beinahe alle Thierclassen angetroffen, wie hier, während es in jenen Organen, in welchen man Tyrosin und Leucin antrifft, gewöhnlich fehlt. Die früher auf Grund einzelner Beobachtungen von Sarokow und Anderer angenommene Ansicht, dass der Herzmuskel mehr Kreatin enthalte, wie die willkürlichen Muskeln, dass der Kreatingehalt der Muskeln gehetzter Thiere grösser sei wie jener ruhender, dass endlich im tetanisirten Muskel sich eine ansehnlichere Menge von Kreatin finde, ist nach den Versuchen von C. Voit und von Nawrocki nicht länger haltbar. Sicher aber ist es, dass die Ausscheidung des Kreatins und Kreatinins durch den Harn von der Art der Nahrung abhängig und am grössten bei Fleischnahrung ist (Voit, Zantl, K. B. Hofmann, Meissner); bei Pflanzenfressern ist sie sehr gering (Meissner), beim Menschen bei reiner Fleischnahrung in 24 Stunden um 16 Proc. stärker, wie bei gemischter Nahrung. Wenn das Thier im Hungerzustande von seinem eigenen Leibe lebt, steigt sie anfänglich ebenfalls an. Wird durch diese Verhältnisse die Abstammung des Kreatins von dem Umsatze des Muskelgewebes sehr wahrscheinlich, so bleibt es vollkommen unaufgeklärt, wie es aus der Muskelfaser entsteht, oder mit anderen Worten, welche Veränderungen noch vorher die Muskelsubstanz durchlaufen muss, bis sie, vielleicht unter Abspaltung mehrerer anderer Producte der regressiven Stoffmetamorphose, in Kreatin übergeht.

Verwandlungen im Organismus und Austritt.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Obgleich geringe Mengen von Kreatin nicht selten im Harn nachgewiesen wurden, so ist es doch nach den Versuchen von Neubauer und Munk jedenfalls kein constanter und normaler Harnbestandtheil und wo man es fand, vielleicht meist erst während der Behandlung aus dem Kreatinin entstanden. Sicher ist es, dass der grösste Theil des Kreatins im Harne als Kreatinin wieder erscheint und zwar scheint diese Umsetzung nicht im Blute, in welchem Kreatinin nur selten nachweisbar ist, sondern in der Niere zu erfolgen. Es liegt nahe anzunehmen, dass ein Theil des Kreatinins und Kreatins auch in Harnstoff umgesetzt werde und als solcher den Körper verlasse. Munk schliesst auf einen derartigen Uebergang aus seiner Beobachtung, dass beim Hunde und Menschen nach Zusatz von Kreatin zur Nahrung mehr Kreatinin, aber auch mehr Harnstoff im Harn erscheinen. Voit konnte aber diese Beobachtung bezüglich der Harnstoffvermehrung durchaus nicht bestätigen, und Meissner sah nach Injectionen von Kreatin oder Kreatinin beide Stoffe im Harn wieder erscheinen.

Für einen Uebergang des Kreatins endlich in Harnstoff würden die Beobachtungen von Munk, Oppler, Perls und Zalesky sprechen,

welche übereinstimmend gefunden haben wollten, dass nach Exstirpation beider Nieren sich nur wenig Harnstoff im Blute, dagegen sehr viel Kreatin in den Muskeln nachweisen lasse, woraus man folgerte, dass Kreatin in den Nieren in Harnstoff übergehe. Meissner aber konnte bei nephrotomirten Thieren erhebliche Mengen von Harnstoff aus dem Blute darstellen, und Voit kam ebenfalls zu ganz abweichenden Ergebnissen. Er fand bei nephrotomirten Thieren ebenfalls viel Harnstoff im Blute und während die vorgenannten Autoren behaupteten, dass nach der alleinigen Unterbindung der Uretheren, wobei die Niere noch functioniren soll, im Blute sich Harnstoff, und in den Muskeln nicht mehr Kreatin finde als im normalen Organismus, konnte Voit in dem Erfolge beider Operationen keinen Unterschied wahrnehmen; auch fand er nicht den mindesten Unterschied in der Kreatinmenge des Muskels nach beiden Eingriffen. Ebenso wenig konnten er und Gscheidlen die Angabe von Ssubotin bestätigen, wonach bei Digestion von Nierensubstanz mit Kreatin sich Harnstoff bilden solle. Es scheint demnach, dass Kreatin zum grössten Theil in Kreatinin umgesetzt, den Körper verlasse, und ein Uebergang desselben in Harnstoff nicht stattfinde.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Sie ergiebt sich aus dem oben Mitgetheilten von selbst; sie fällt mit jener der regressiven Stoffmetamorphose überhaupt zusammen.

$$\text{Kreatinin: } C_4H_7N_3O = HN\,\overset{\displaystyle N(CH_3)\;CH_2}{\underset{\displaystyle NH\;-\;CO}{C}}\ .$$

Kreatinin.

Farblose, schiefe rhombische Säulen, löslich in Wasser und siedendem Alkohol, woraus es aber beim Erkalten der concentrirten Lösungen wieder herausfällt. Die wässerige Lösung reagirt alkalisch und schmeckt in concentrirtem Zustande wie verdünntes Ammoniak. Treibt das Ammoniak aus seinen Salzen aus, verbindet sich mit Säuren zu krystallisirbaren löslichen Salzen, und bildet in der salzsauren Verbindung mit Platinchlorid ein in morgenrothen Säulen krystallisirendes Doppelsalz. Das Kreatinin vermag sich übrigens auch mit Salzen zu verbinden, namentlich mit salpetersaurem Silber, mit Quecksilberchlorid und mit Chlorzink.

Letztere Verbindung, das Kreatininchlorzink, wegen der Erkennung und Isolirung des Kreatinins wichtig: $2\,(C_4H_7N_3O), ZnCl_2$, wird durch Fällung einer concentrirten Kreatininlösung mit einer syrupdicken Chlorzinklösung als ein körnig-krystallinischer, in kaltem Wasser schwer und in Weingeist unlöslicher Niederschlag erhalten.

Das Kreatinin geht in wässeriger Lösung bei längerem Stehen, namentlich bei Gegenwart von Kalk, in Kreatin über. Auch bei der Zerlegung des Kreatinin-Chlorzinks durch Schwefelammonium findet ein

Uebergang des Kreatinins in Kreatin statt. Um in Kreatin überzugehen, braucht, wie eine Vergleichung der beiderseitigen Formeln lehrt, das Kreatinin nur 1 Mol. Wasser aufzunehmen.

Mikroskopische Abbildungen des Kreatinins und Kreatinin-Chlorzinks finden sich bei Funke: Atl. 2te Aufl. Taf. IV. Fig. 5, 6. — Robin u. Verdeil: Atl. Pl. XXVI. Fig. 3; XXVII. Fig. 1 u. 2; XXVIII. Fig. 1, 2 u. 3; XXIX. Fig. 1 u. 2.

Vorkommen.

Vorkommen. In den Muskeln hat man häufig genug Kreatinin gefunden, allein wie die exacten Versuche von Nawrocki und Neubauer lehren, nur deshalb, weil durch das eingeschlagene Verfahren eine theilweise Umwandlung des Kreatins in Kreatinin bedingt war. Als constanter und normaler Bestandtheil ist das Kreatinin bisher nur im Harne des Menschen, Hundes, Pferdes und Kalbes nachgewiesen; ausserdem will man es im Blute und in der Amniosflüssigkeit aufgefunden haben, auch giebt M. Schultze sein Vorkommen in dem elektrischen Organe von *Torpedo*, und W. Kühne in der Nierensubstanz an.

Zustände, Abstammung u. s. w.

Ueber Zustände im Organismus und Abstammung, sowie auch über die Verwandlungen desselben im Organismus liesse sich nur das beim Kreatin Gesagte wiederholen. Wenn wir die Formeln beider Substanzen mit einander vergleichen, so springt die Leichtigkeit in die Augen, mit der sie sich in einander verwandeln können. Die organische Chemie lehrt aber auch in der That, dass diese beiden Stoffe in einander übergeführt werden können; so wird Kreatin durch Säuren in Kreatinin und Wasser gespalten, und Kreatinin geht schon beim längeren Erwärmen seiner wässerigen Lösungen in Kreatin über, und so wird auch das Kreatinin bei Gegenwart von Kalkwasser in seiner Lösung in Kreatin zurückverwandelt. Dass ein ähnlicher Uebergang im Organismus erfolgen könne, muss nach allen Daten vorausgesetzt werden. Allein die Gründe, aus welchen Sarokow schloss, dass während der Muskelthätigkeit das Kreatin in Kreatinin verwandelt werde, haben vor der Experimentalkritik nicht Stand gehalten, und es fand Nawrocki entgegen den Angaben von Borszczow und Sarokow weder im ruhenden, noch im arbeitenden Muskel Kreatinin, höchstens spurenweise.

Physiologische Bedeutung.

Die physiologische Bedeutung des Kreatinins fällt ebenfalls mit jener des Kreatins zusammen.

Carnin: $C_7H_8N_4O_3 + H_2O$.

Literatur: H. Weidel: Ann. d. Chem. u. Pharm. CLVIII, 353.

Carnin.

Kreideweisse mikroskopische Kryställchen, schwer löslich in kaltem, völlig löslich in kochendem Wasser, beim Erkalten aus der Lösung herausfallend, unlöslich in Alkohol und Aether. Schmeckt schwach bitter, reagirt vollkommen neutral, und wird beim Erhitzen zersetzt. Verbindet sich ähnlich dem Hypoxanthin mit Säuren, Basen und Salzen. Bei der Behandlung mit

gesättigtem Bromwasser geht es in bromwasserstoffsaures, bei der Behandlung mit Salpetersäure in salpetersaures Hypoxanthin über.

Vorkommen.

Vorkommen. Wurde im amerikanischen Fleischextracte aufgefunden. Von seinen physiologischen Beziehungen kann schon deshalb keine Rede sein, weil es im Organismus selbst noch nicht aufgefunden, es übrigens auch gar nicht entschieden ist, ob es im Fleischextracte nicht etwa erst aus einem Bestandtheile desselben durch Zersetzung entsteht.

$$\text{Methylhydantoinsäure: } C_4H_8N_2O_3 = \begin{array}{l} N\,CH_3\,CH_2\,COOH. \\ | \\ CO \\ | \\ NH_2 \end{array}$$

Literatur: Schultzen: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. V, 578. — Baumann u. Hoppe-Seyler: ebenda VII, 237. — E. Salkowski: ebenda VII, 116. — Baumann: ebenda VII, 237.

Methylhydantoinsäure.

Sternförmig gruppirte farblose Krystalle, in kaltem Wasser und Alkohol nicht ganz leicht, in der Wärme dagegen in diesen Lösungsmitteln leicht löslich, auch in Aether. Die Lösungen reagiren und schmecken deutlich sauer, zersetzen sich aber in der Wärme sehr bald, unter Abspaltung von Methylhydantoin $C_4H_6N_2O_2$ und Wasser. Beim Erhitzen mit Barytwasser im zugeschmolzenen Rohre liefert die Säure Kohlensäure, Ammoniak und Sarkosin.

Vorkommen.

Vorkommen. Ist als Normalbestandtheil thierischer Organismen bisher nicht nachgewiesen, tritt aber im Harne von Thieren nach Verfütterung von Sarkosin auf (A. Schultzen), und wurde synthetisch durch Einwirkung von Kaliumcyanat auf Sarkosin (Methylglycin) und schwefelsaures Ammoniak, sowie auch beim Kochen von Sarkosin in wässeriger Lösung mit Aetzbaryt und Harnstoff dargestellt (Baumann u. Hoppe-Seyler, E. Salkowski).

$$\text{Allantoin: } C_4H_6N_4O_3 = \begin{array}{l} CO-NH\diagdown \\ |\qquad\qquad\quad >CO \\ CH-NH\diagup \\ | \\ NH-CO-NH_2 \end{array} \quad (?).$$

Literatur: Wöhler: Göttinger Nachr. 1849, S. 61. — Frerichs und Städeler: Arch. f. Anat. u. Phys. 1854, S. 393. Verh. der naturf. Gesellsch. in Zürich. III. — Gorup-Besanez: Ann. d. Chem. u. Pharm. CX, 94. CXXV, 209. — G. Meissner. Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. XXIV, 97. — Derselbe: Zeitschr. f. rat. Medicin. 3. R. XXXI, 283. — Seligsohn: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1873, S. 418. 434. — Kühne: Lehrb. d. physiol. Chem. 1868. S. 491. — Gusserow: Arch. d. Gynokol. III, Hft. 2. — Grimaux: Bullet. de la soc. chim. de Paris XXVI, 482. — E. Salkowski: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. IX, 719.

Allantoin.

Wasserhelle, glasglänzende, farblose prismatische Krystalle, geschmack- und geruchlos, ohne Reaction auf Pflanzenfarben, ziemlich

schwierig löslich in kaltem Wasser, leichter in kochendem und löslich in heissem Alkohol, unlöslich aber in Aether. Wird von kohlensauren und ätzenden Alkalien ohne Zersetzung aufgelöst. Beim Erhitzen wird das Allantoin zersetzt.

Mit Alkalien gekocht, geht es in Oxalsäure und Ammoniak über, Oxydationsmittel verwandeln es in Harnstoff und eine noch wenig studirte Säure (Allantoinsäure). Auch unter der Einwirkung von Fermenten zersetzt es sich unter Bildung von Harnstoff, oxalsaurem und kohlensaurem Ammoniak und einer noch nicht näher gekannten Säure.

Das Allantoin giebt mit mehreren Metallen krystallisirbare Verbindungen, so mit Silber, Quecksilber, Blei, Kupfer, Cadmium und Zink. Die Silberverbindung: $C_4 H_5 Ag N_4 O_3$, fällt aus einer gesättigten Allantoinlösung auf Zusatz von salpetersaurem Silberoxyd-Ammoniak in weissen Flocken heraus. Mit Quecksilberoxyd verbindet sich das Allantoin wie der Harnstoff in mehreren Verhältnissen.

Mikroskopische Abbildungen bei Funke: Atl. 2te Aufl. Taf. III. Fig. 4.

Vorkommen. Wurde bisher nachgewiesen: in der Allantoisflüssigkeit der Kühe, ausserdem im Harne gesäugter Kälber und im Harne von Hunden und Katzen bei Ernährung mit Fleisch regelmässig, bei anderer Art der Fütterung und im Beginn des Hungerzustandes häufig (Meissner). Es soll auch im Harne neugeborener Kinder in den ersten acht Tagen nach der Geburt, und im Harne Erwachsener nach Gerbsäuregebrauch, endlich im Harne Schwangerer (Gusserow), und im Harne von Thieren (Hunde) nach Verfütterung von Harnsäure (E. Salkowski) vorkommen.

Vorkommen.

Zustände des Allantoins im Organismus. Das Allantoin ist in den Flüssigkeiten, in welchen es bisher aufgefunden wurde, einfach gelöst und kann daraus durch blosses Abdampfen krystallisirt erhalten werden, wenn die Krystallisation beeinträchtigende etwa vorhandene Stoffe vorher entfernt sind.

Zustände im Organismus.

Abstammung. Das Allantoin ist ein Product der regressiven Stoffmetamorphose, steht in der Leiter derselben schon ziemlich tief und zweien Stoffen nahe, welche als Endproducte des Zerfalls stickstoffhaltiger Gewebsbestandtheile zu betrachten sind: nämlich der Harnsäure und dem Harnstoff. Wenn es sich demnach um die Abstammung des Allantoins handelt, so kann nicht in Frage kommen, ob es in entfernter Weise von den stickstoffhaltigen Gewebsbestandtheilen seinen Ursprung ableitet, denn diese Frage ist in dem angedeuteten Sinne als erledigt zu betrachten, da der Stickstoff des Allantoins auf eine andere Quelle überhaupt nicht zurückgeführt werden kann; wohl aber, aus welchen vor ihm stehenden Producten der regressiven Stoffmetamorphose das Allantoin unmittelbar entsteht. Für die Beantwortung dieser Frage geben die bekannten chemischen Beziehungen des Allantoins einiges Material.

Abstammung.

Es ist bezeichnend, dass die Harnsäure unter der Einwirkung von oxydirenden Agentien in Producte übergeht, die entweder wirklich Allantoin enthalten, oder von denen eines mindestens selbst aus Allantoin entstanden sein kann. Bleisuperoxyd führt die Harnsäure in Allantoin, Harnstoff, Oxalsäure und Kohlensäure über; durch Ozon wird sie, wie ich gefunden habe und wie neuerlichst von Seligsohn bestätigt wurde, ebenfalls in Allantoin, Harnstoff und Kohlensäure verwandelt; durch Salpetersäure endlich wird neben zahlreichen anderen Zwischenproducten ebenfalls gewissermaassen als Endglied Harnstoff gebildet. Berücksichtigt man nun, dass Allantoin durch Salpetersäure selbst sehr leicht in Harnstoff übergeht, so ist es erklärlich, warum bei der Oxydation der Harnsäure durch Salpetersäure Allantoin als solches nicht auftritt. Wir sehen also Allantoin als nahezu constantes Oxydationsproduct der Harnsäure ausserhalb des Organismus auftreten, und zwar auch unter Bedingungen (durch Behandlung mit activem Sauerstoff), die unseren gegenwärtigen Anschauungen nach mit den im Organismus bestehenden jedenfalls einige Analogie darbieten, und wir werden daher die Abstammung des Allantoins von der Harnsäure als eine mindestens sehr wahrscheinliche bezeichnen dürfen. Ausser diesen chemischen Gründen sprechen aber für diese Anschauung auch die spärlichen physiologischen und pathologischen Momente, die uns zu Gebote stehen. Das Allantoin wurde im Harne von Kälbern nur so lange beobachtet, als dieselben gesäugt werden, demnach thierische Nahrung erhalten. Unter diesen Bedingungen aber wird bekanntlich Harnsäure durch den Harn ausgeschieden, während bei vegetabilischer Nahrung im Harn Hippursäure auftritt. Der Harn der Kälber, so lange sie gesäugt werden, ist in der That auch sauer und führt neben Allantoin harnsaure Salze. Ebenso würde für diese Anschauung auch das von Meissner beobachtete gleichzeitige Auftreten von Allantoin und Harnsäure im Harne von Hunden und Katzen bei Fleischnahrung sprechen. In der That zieht derselbe aus seinen Beobachtungen über die zeitlichen Verhältnisse der Harnsäure- und Allantoinausscheidung bei diesen Thieren den Schluss, dass das Auftreten von Allantoin als eine sogenannte Hemmungsbildung, als ein mehr oder minder grosser Rest von fortwährend bei Oxydation von Harnsäure gebildetem Allantoin, wovon ein anderer Theil weiter oxydirt ist, anzusehen sei.

Verwandlungen und Austritt.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Die Frage nach den weiteren Verwandlungen des Allantoins im Organismus ist durch die obigen Erörterungen bereits erledigt. Wenn es überhaupt zur Allantoinbildung kommt und es wird dasselbe nicht als solches ausgeschieden, so wird es unzweifelhaft in Harnstoff übergeführt, in welchen wir es ebensowohl durch Oxydationsmittel, als auch durch Fermente allerdings neben anderen Producten übergehen sehen. Ob es übrigens unter gewissen Bedingungen nicht auch zur Oxalsäurebildung beiträgt,

was nach seinem chemischen Verhalten auch recht wohl möglich wäre, muss vorläufig dahingestellt bleiben.

Physiologische Bedeutung.

Die physiologische Bedeutung des Allantoins ergiebt sich aus dem Angeführten von selbst.

$$\text{Alloxan } C_4H_2N_2O_4 = \begin{array}{l} NH-CO \\ \,|\qquad\;\; | \\ CO\quad CO. \\ \,|\qquad\;\; | \\ NH-CO \end{array}$$

Literatur: Liebig und Wöhler: Ann. d. Chem. und Pharm. XXVI, 256. — Liebig: ebendas. CXXI, 80. — G. Lang: Wien. med. Wochenschrift 1866. Nr. 95. — Seligsohn: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1873. S. 418. 434.

Alloxan.

Krystallisirt aus warm bereiteten wässerigen Lösungen mit 4 Mol. Krystallwasser in grossen, farblosen, wasserhellen Rhombenoctaëdern, aus kalt bereiteten mit 1 Mol. Krystallwasser in kleinen Krystallen. Es ist leicht löslich in Wasser und in Alkohol; die wässerige Lösung reagirt sauer und schmeckt stechend, färbt die Haut dauernd roth und ertheilt ihr einen widrigen Geruch. Das Alloxan selbst wird an der Luft allmählich roth, ist nichtflüchtig und verbrennt beim Erhitzen auf Platinblech. Oxydirende Agentien verwandeln es in Parabansäure und Harnstoff; Bleisuperoxyd verwandelt es direct in Kohlensäure und Harnstoff. Fügt man zu einer Probe einer wässerigen Lösung von Alloxan einen Tropfen Blausäure und hierauf Ammoniak, so bildet sich sofort oder nach einiger Zeit ein weisser krystallinischer Niederschlag von Oxaluramid. Reiben der Wände der Proberöhre mit einem Glasstabe befördert die Abscheidung des Niederschlages sehr (empfindlichste Reaction auf Alloxan).

Vorkommen.

Vorkommen. Das Alloxan, bekanntlich ein Oxydationsproduct der Harnsäure, wurde von Liebig einmal in diarrhoischem Darmschleim aufgefunden, und seine Gegenwart im Harne eines Herzkranken wahrscheinlich gemacht (G. Lang).

Abstammung.

Abstammung. Sowie das Allantoin, muss auch das Alloxan, soferne es im Thierorganismus vorkommt, als eine Uebergangsphase von der Harnsäure zum Harnstoff betrachtet werden. Dieselben Gründe, welche für eine derartige Bildungsweise des Allantoins geltend gemacht werden, passen auch für das Alloxan, und es kann nicht bezweifelt werden, dass der Grund, warum man es nicht häufiger auffindet, in der Leichtigkeit zu suchen ist, mit welcher es weiter zersetzt wird. Seligsohn beobachtete bei längerer Einwirkung des Ozons auf Harnsäure neben der Bildung von Allantoin und Harnstoff in der That auch jene des Alloxans, was ebenfalls zu Gunsten der obigen Auffassung spricht. Seine weiteren

Verwandlungen im Organismus und die Form seines Austritts ergeben sich aus dem Angeführten ohne Weiteres.

Guanin: $C_5H_5N_5O$.

Literatur: Unger: Ann. d. Chem. u. Pharm. LIX, 58. — Gorup-Besanez u. Fr. Will: München. gel. Anz. 1848, S. 825. — Scherer: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXII, 257. 277. — G. Kerner: ebenda CIII, 219. — Strecker: ebenda CVIII, 141; CXVIII, 151. — Barreswil: Compt. rend. LIII, 246. — C. Voit: Zeitschr. f. wissensch. Zool. XV, 515. — Härter u. Hoppe-Seyler: Med. chem. Untersuch. IV, 582. — Piccard: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VII, 1774. — Grübler: Ber. d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Math.-phys. Cl. Sitzung v. 16. Juni 1875.

Guanin.

Weisse bis gelblichweisse amorphe Masse, zusammenhängende Stücke bildend. Lässt sich leicht pulvern, geruch- und geschmacklos, in Wasser, Alkohol und Aether beinahe unlöslich, leicht löslich in Säuren und Alkalien. Kann bis über 200° C. erhitzt werden, ohne sich zu zersetzen.

In Salpetersäure löst es sich ohne Gasentwickelung auf; nach dem Verjagen der Salpetersäure bleibt ein citronengelber Rückstand, der sich in Kali und Ammoniak mit tief gelbrother Farbe löst. Der nach dem Verjagen der Salpetersäure bleibende Rückstand enthält Xanthin und einen gelben Nitrokörper.

Durch Oxydation mit Kaliumpermanganat wird das Guanin in Harnstoff, Oxalsäure und Oxyguanin verwandelt.

Das Guanin verbindet sich mit Säuren, mit Basen und mit Salzen. Die Verbindungen mit Säuren sind krystallisirbar; das salzsaure Guanin giebt mit Platinchlorid eine Doppelverbindung, die in orangegelben Krystallen anschiesst. Die salpetersaure Lösung des Guanins giebt mit einer Auflösung von Silbernitrat versetzt, einen Niederschlag von salpetersaurem Guanin-Silber, sich aus der kochenden Lösung in Salpetersäure beim Erkalten in Kryställchen ausscheidend.

Mikroskop. Abbild. des salzsauren Guanins bei Funke: Atl. 2te Aufl. Taf. III. Fig. 5.

Vorkommen.

Vorkommen. Das Guanin wurde bisher im Thierorganismus aufgefunden: in der Bauchspeicheldrüse, in der Lunge (Grübler) und in der Leber (Scherer), in den irisirenden Massen aus den Schuppen und Schwimmblasen von Fischen (Voit), in den Excrementen der Spinnen (Gorup-Besanez und Fr. Will), und in jenen des Fischreihers: *Ardea cinerea* (Hoppe-Seyler und Härter), endlich im Lachssperma (Piccard). Auch im Harne wollte man es aufgefunden haben, es beruhte diese Beobachtung aber, wie neuere Untersuchungen gezeigt haben, auf einer Verwechselung des Guanins mit dem weiter unten abzuhandelnden Xanthin.

Zustände im Organismus. Die Zustände, in welchen das Guanin in der Pankreas und Leber vorkommt, kennt man nicht und es ist, wenn es darin überhaupt gelöst vorkommt, unaufgeklärt, wodurch die Lösung desselben bewerkstelligt wird.

Zustände im Organismus.

Abstammung. Von der Abstammung des Guanins gilt dasselbe, was von der Abstammung der stickstoffhaltigen Endproducte der regressiven Stoffmetamorphose überhaupt schon an verschiedenen Stellen dieses Buches angeführt wurde. Bei gewissen niederen Thieren ist es in der That Endproduct, indem es als solches vom Körper ausgeschieden wird; bei den höheren Thieren dagegen wird es, einmal gebildet, sofort weiter umgesetzt. Sowie Allantoin, Kreatin u. s. w. ist es jedenfalls transitorischer Träger des Stickstoffs, der von den stickstoffhaltigen Gewebsbestandtheilen stammt, aber es ist unaufgeklärt, woraus es unmittelbar erzeugt wird.

Abstammung.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Wenn nicht, wie dies bei den *Arthropoden* und bei *Ardea* der Fall ist, das Guanin als eigentlich excrementiteller Stoff aus dem Körper als solches ausgeschieden wird, so muss es im Organismus noch weiter umgesetzt werden. Ueber die Art und Weise dieser Umsetzungen kann aber kaum ein Zweifel bestehen, wenn man die chemischen Beziehungen des Guanins berücksichtigt. Sie weisen, wie bereits S. 37 u. 38 ausführlich erörtert wurde, alle auf die Zerlegung in Harnstoff hin. Man hat auch gefunden, dass das Guanin, dem thierischen Organismus einverleibt, im Harn als solches nicht austritt, sondern den Harnstoffgehalt desselben vermehrt (G. Kerner). Endlich hat Strecker Guanin durch Behandlung mit Oxydationsmitteln in Xanthin, Parabansäure, Oxalsäure und Harnstoff übergeführt; Parabansäure und Oxalursäure sind aber Oxydationsproducte der Harnsäure.

Verwandlungen und Austritt.

Physiologische Bedeutung. Sie bedarf nach dem Angeführten keiner weiteren Erörterung.

Physiologische Bedeutung.

Hypoxanthin (Sarkin): $C_5 H_4 N_4 O$.

Literatur: Scherer: Ann. d. Chem. u. Pharm. LXXXIII, 328. CVII, 314. CXII, 257; Verh. d. phys. med. Gesellsch. z. Würzb. II, 323. VII, 123; Arch. f. path. Anat. X, 228. — Gerhard: Verh. d. Phys. med. Gesellsch. z. Würzb. — Virchow: Arch. f. path. Anat. V, 41. — Strecker: Ann. d. Chem. u. Pharm. CII, 204. CVIII, 129. 141. CXVIII, 151. — Städeler: Ebenda CXVI, 102. — Holm: Journ. f. prackt. Chem. C, 150. — Kerner: Arch. f. path. Anat. XXV, 142. — Reichhardt: Arch. f. Pharm. CXCV, 142. — Jacubasch: Arch. f. path. Anat. XLIII, 196. — K. B. Hofmann: Wien. medic. Wochenschr. 1870. Nr. 42. 43, 44. — Barrel: Med. Times and Gaz. 1868. I, 284. — Salkowski: Arch. f. path. Anat. L, 174. — v. Gorup-Besanez: Sitzungsber. d. phys.

med. Soc. z. Erlangen. Hft. V. Sitzung v. 11. Mai 1873. — Piccard: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VII, 1714.

Hypoxanthin.

Farblose mikroskopische Krystallnadeln, sich aus heiss bereiteten Lösungen beim Erkalten in Gestalt weisser Flocken absetzend; bei raschem Abdampfen bleibt es in der Form sich abblätternder Schuppen zurück. In kaltem Wasser schwer, in kochendem leichter löslich, in Alkohol nur sehr wenig. In Säuren ohne Zersetzung löslich und ebenso in Alkalien. Aus den alkalischen Lösungen fällt es beim Einleiten von Kohlensäure, oder durch Zusatz von Essigsäure heraus.

Kann bis auf 150° C. erhitzt werden, ohne sich zu zersetzen. Ueber diese Temperatur erhitzt, zersetzt es sich. Mit Säuren giebt es krystallisirbare salzartige Verbindungen, und mit Platinchlorid ein Doppelsalz. Aehnlich den Amidosäuren vereinigt es sich aber auch mit Basen und Salzen.

Durch concentrirte Salpetersäure wird es in Xanthin verwandelt.

In seinem Verhalten zu Reagentien verhält sich das Hypoxanthin dem Xanthin ausserordentlich ähnlich, doch kann man beide Körper, abgesehen von ihrer Zusammensetzung, durch ihr Verhalten gegen Silbernitrat unterscheiden. Aus der Lösung in ammoniakhaltigem Wasser scheidet Silbernitrat bei Gegenwart von Hypoxanthin und von Xanthin eine Doppelverbindung aus, die in heisser Salpetersäure löslich ist. Die Hypoxanthin-Silberverbindung scheidet sich aber alsbald nach dem Erkalten der Lösung aus, während die Xanthinverbindung sich nur sehr allmählich absetzt.

Vorkommen.

Vorkommen. Das Hypoxanthin wurde bisher im Fleische des Pferdes, Hasen und Ochsen, im Herzmuskel dieser Thiere, im Lachssperma, der Milz des Ochsen, der Thymus des Kalbes, in den Nebennieren, im Hirne (?), in der Leber des Menschen bei acuter gelber Atrophie dieses Organs, endlich im Blute und Harne Leukämischer, häufig von dem unten folgenden Xanthin begleitet aufgefunden.

Physiologische Beziehungen.

Die physiologischen Beziehungen des Hypoxanthins sind genau dieselben, wie die des Guanins, mit der Ausnahme, dass es in der absteigenden Stufenreihe der stickstoffhaltigen Producte der regressiven Stoffmetamorphose noch um eine Stufe tiefer steht wie dieses, und daher aus ihm entstehend gedacht werden muss. Jedenfalls geht es im Organismus, ebenso wie auch ausserhalb desselben, durch Oxydationsmittel zunächst in Xanthin über, welches dann weiter zu Harnsäure und Harnstoff oxydirt wird. Es ist in dieser Beziehung von besonderer Bedeutung, dass durch Wasserstoff *in statu nascendi* die Harnsäure in Hypoxanthin und Xanthin zurückverwandelt wird.

Xanthin: $C_5H_4N_4O_2$.

Literatur: Liebig u. Wöhler: Ann. d. Chem. u. Pharm. XXVI, 340. — Scherer: Ebenda CVII, 314; CXII, 257. 275. 279. — Städeler: Ebenda CXI, 28. CXVI, 102. — Strecker: Ebenda CXVIII, 144. — Thudichum: Med. Times and Gaz. 1858. 4. Dec. — Almén: Viertelj. d. naturf. Ges. in Zürich VI, 3. — Bence-Jones: Journ. of the chem. soc. XV, 78. — Phipson: Chem. News VI, 16. — Dürr: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXXXIV, 45. — Lebon: Compt. rend. LXXIII, 47. — Weiske: Zeitschr. f. Biol. XI, 254.

Xanthin.

Getrocknet ein gelblich-weisses Pulver, durch Reiben Wachsglanz annehmend. Unter dem Mikroskope zeigt es keine Spur von Krystallisation. In kaltem Wasser wenig, in kochendem Wasser wenngleich schwierig löslich. Die wässerigen Lösungen hinterlassen beim Abdampfen das Xanthin in Gestalt einer sich abblätternden Haut. Auch in Säuren und Alkalien löst es sich. Ueber 150° C. erhitzt, wird es zersetzt. Ist in verdünnter Salzsäure viel schwieriger löslich als das Hypoxanthin.

In seinen Verbindungsverhältnissen gleicht das Xanthin dem Hypoxanthin und Guanin, nur treten seine basischen Eigenschaften noch mehr zurück. Doch sind Verbindungen mit Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure und auch mit Silber dargestellt.

Dampft man die Lösung des Xanthins in Salpetersäure kochend ein, so bleibt ein gelber Rückstand, der sich mit Kali gelbroth färbt, eine Farbe, die beim Erhitzen in Violettroth übergeht.

Vorkommen.

Vorkommen. Das Xanthin ist zuerst in gewissen seltenen Harnsteinen nachgewiesen und unter dem Namen Xanthicoxyd, auch wohl harnige Säure beschrieben. Seither aber wurde es, allerdings in geringer Menge, im Harne nach dem Gebrauche der Schwefelbäder zu Limmer, und nach dem Einreiben starker Schwefelsalben (Dürr), im Harne eines leukämischen Schafbockes (Weiske), ferner in zahlreichen drüsigen Organen, theils von Hypoxanthin, theils von Guanin begleitet, nachgewiesen, so in Pankreas, Milz, Leber, Thymus, im Hirne und ausserdem im Muskelfleische der Säugethiere und der Fische. Auch in gewissen Guanosorten wurde es aufgefunden und von Bence Jones ein als Xanthin bezeichneter Körper aus dem Harnsedimente eines Knaben beschrieben, der aber nach Scherer eher Hypoxanthin gewesen zu sein scheint.

Physiologische Beziehungen.

Die physiologischen Beziehungen des Xanthins sind denen des Hypoxanthins und Guanins vollkommen analog. Seine Abstammung kann nicht zweifelhaft sein, wenn man berücksichtigt, dass ebensowohl Guanin als Hypoxanthin in Xanthin künstlich übergeführt werden können. Nicht nur sein pathologisches Auftreten in Harnsteinen spricht dafür, sondern ebenso sehr die Analogie mit den ihm zunächst stehenden Stoffen, seine Zusammensetzung und endlich der Umstand,

dass das Xanthin in seinem Vorkommen im Organismus häufig von Harnsäure begleitet wird, wie denn überhaupt auch Xanthin und Hypoxanthin sich meist begleiten. Die chemische Natur und die Formeln des Guanins, Hypoxanthins, Xanthins und der Harnsäure lassen überhaupt den genetischen Zusammenhang, der zwischen ihnen besteht, nicht verkennen.

Harnsäure: $C_5 H_4 N_4 O_3$.

Literatur: Frerichs und Wöhler: Annal. d. Chem. u. Pharm. LXV, 335. — Gallois: Compt. rend. 1857. I, Nr. 14. — H Ranke: Beobacht. u. Versuche über die Ausscheidung der Harnsäure beim Menschen. Habilitationsschrift. München 1858. — Neubauer: Annal. d. Chem. und Pharm. XCIX, 206. — Stokvis: Holl. Beitr. 1860. II, S. 260. — Zabelin: Annal. d. Chem. u. Pharm. 1863. Suppl. II, S. 326. — Strecker: Annal. d. Chem. u. Pharm. CXXXI, 121. — Pagenstecher u. Carius: Verhandl. der naturh. med. Ver. in Heidelberg. III, 129. — Schönbein: Journ. f. prakt. Chem. XCII, 152. — Corvisart: l'Union méd. X, 1863, Nr. 43. — Petit: Ebenda Nr. 51. — Terreil: Gaz. des hôpitaux. 1863. Nr. 63. — O. Huppert: Best. der Harnsäure durch Titriren mit Jod. Dissert. Leipz. 1864. — Gorup-Besanez: Annal. d. Chem. u. Pharm. CX, 86. CXXV, 207. — Seligsohn: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1873. Nr. 27 u. 28. — Gg. Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. XXXI, 144. 161. 185. 234. — Voit: Sitzungsber. d. Münchn. Akad. d. Wissensch. 1867. I, S. 279. — Jacubasch: Arch. f. path. Anat. XLIII, 196. — Berrel: Med. Times and Gazette 1868. I, S. 284 — Salkowski: Arch. f. path. Anat. L, 174; LII, 58. — K. B. Hofmann: Wien. med. Wochenschr. Nr. 42. 43. 44. — Reichardt: Arch. d. Pharm. CXCV, 142. — Hoppe-Seyler: Med. chem. Untersuch. IV, S. 584. — Pettenkofer u. Voit: Zeitschr. f. Biol. V, 319. — Naunyn u. Riess: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1869. S. 381. — J. Seegen: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1875. S. 323. — Weiske: Zeitschr. f. Biol. XI, 254. — Grübler: Ber. d. k. sächs. Ges. d. Wissensch. Math. ph. Cl. Sitzung. v. 16. Juni 1875. — Salkowski: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. IX, 719. — Pawlinoff: Arch. f. path. Anat. LXII, 57.

Eigenschaften.

Die reine Harnsäure bildet ein weisses, leichtes, aus kleinen Krystallen bestehendes Pulver. Die Krystalle unter dem Mikroskope betrachtet, zeigen bald die Form rhombischer Tafeln, bald jene sechsseitiger Platten, bald endlich jene rechtwinkliger, vierseitiger Prismen. Sowie sie in Harnsedimenten auftritt, stellt sie oft schon mit freiem Auge erkennbare Krystalle dar, die unter dem Mikroskop untersucht, sich als platte Tafeln von rhombischem Habitus darstellen, welche gewöhnlich braun- bis goldgelb gefärbt, immer aber ausserordentlich durchsichtig und von verschiedener, zuweilen bedeutender mikroskopischer Grösse sind.

Ausserordentlich schön und treu sind die Abbildungen der Harnsäure bei Robin u. Verdeil: Pl. XI, Fig. 1 u. 2. XII, Pl. XIII, Fig. 1. u. 2. Bisweilen erscheint der Rhombus in der Weise modificirt, dass die stumpfen Winkel abgerundet sind und dadurch spindelförmige Gestalten entstehen (Funke: Atl. 2te Aufl. Taf. VII, Fig. 1, 3. Robin. u. Verdeil: Atl. Pl. XI, Fig. 1.

a. b. c. d. e.), seltener sind die Formen, die fassförmigen kurzen Cylindern gleichen (Robin u. Verdeil: Pl. XI, Fig. 2. e.), sowie eigenthümliche rosettenähnliche Krystalldrusen, die, wie man sich durch Drücken und Verschieben des Deckblättchens überzeugen kann, ebenfalls aus rhombischen Tafeln von verschiedener Grösse bestehen, die auf ihren Kanten liegen, und gegen einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt convergiren (Funke: Atl. 2te Aufl. Taf. VII, 3. XVII, Fig. 1. Robin u. Verdeil: Pl. XI, Fig. 2. k. Pl. XIII, Fig. 1. f. g. h.). Die Grundform der Harnsäurekrystalle ist ein rhombisches Verticalprisma, dessen Flächenneigung $= 53^0\ 56'$, und zwei aus diesem durch Verdoppelung der makro- oder brachydiagonalen Axe entstandene Prismen, deren Combinationen (gewöhnlich in Harnsedimenten) Verticalprismen mit elliptischer Basis (biconvexen Seitenflächen) bilden.

Durch Salzsäure aus dem Harn ausgeschieden, bildet sie bräunlich-rothgelbe, auch wohl violett gefärbte Kryställchen, die unter dem Mikroskop untersucht meist Formen zeigen, wie sie Robin u. Verdeil Pl. XV, 1 u. 2 abbilden. Wird der Harn statt mit Salzsäure mit Essigsäure versetzt, so scheidet sich die Harnsäure gewöhnlich in den bei Robin u. Verdeil Pl. XIV, Fig. 2 abgebildeten Formen aus. Gute und sehr vollständige Abbildungen finden sich auch bei Ultzmann u. K. B. Hofmann: Atl. d. physiol. u. path. Harnsedimente. Wien 1872.

In reinem Zustande ist die Harnsäure geschmack- und geruchlos, in Wasser nur sehr wenig löslich, unlöslich aber in Alkohol und Aether. Von concentrirter Schwefelsäure wird sie ohne Zersetzung aufgelöst und aus dieser Lösung durch Wasser wieder niedergeschlagen. In kohlensauren, borsauren, phosphorsauren, milchsauren und essigsauren Alkalien ist sie ebenfalls löslich, indem sie diesen Salzen einen Theil ihrer Basis entzieht, damit saure harnsaure Salze bildend. Sowohl feuchte Harnsäure, als auch heisse wässerige Lösungen derselben röthen Lackmus. Der trockenen Destillation unterworfen, zersetzt sie sich in Harnstoff und Cyanursäure, in freie Cyanwasserstoffsäure und kohlensaures Ammonium. Bleisuperoxyd führt sie in Allantoin, Harnstoff, Oxalsäure und Kohlensäure über; durch Ozon entsteht daraus ebenfalls Allantoin, Alloxan, Harnstoff, Oxalsäure und Kohlensäure. Wasserstoff in statu nascendi (Natriumamalgam) verwandelt sie in Xanthin und Sarkin. Durch Jod bei Gegenwart von Wasser wird die Harnsäure oxydirt, woraus sich zum Theile wenigstens die Thatsache erklärt, dass der Harn Jodstärke entbläut (jodbindende Kraft des Harns). Auch in sehr kleiner Menge reducirt sie alkalische Kupferlösungen in der Wärme.

In mässig concentrirter Salpetersäure löst sie sich unter Zersetzung und Gasentwickelung mit gelber Farbe auf; es entweichen Stickstoff und Kohlensäure, und in der Flüssigkeit sind zahlreiche Zersetzungsproducte enthalten. Wird die salpetersaure Lösung bis zur Trockne vorsichtig abgedampft, so bleibt ein röthlicher Rückstand, der, wenn man ihn mit einer Spur von Ammoniak befeuchtet, schön purpurn wird. Befeuchtet man die rothe Masse (Murexid) mit etwas Aetzkali, so wird sie schön purpurblau gefärbt (Reaction auf Harnsäure).

Wird etwas Harnsäure in einer möglichst geringen Menge kohlen-

sauren Alkalis gelöst und mit dieser Lösung ein weisses Filtrirpapier benetzt, auf welchem man vorher einen Tropfen Silberlösung sich hat ausbreiten lassen, so entsteht durch Reduction des Silberoxyds auf dem Papier sogleich ein dunkelbrauner Fleck (ebenfalls als Reaction für Harnsäure empfohlen).

Harnsaure Salze.

Die Harnsäure bildet mit Basen die harnsauren Salze; dieselben sind meist saure und im Allgemeinen nicht leicht löslich; aus den neutralen werden durch Kohlensäure saure Salze gefällt. Die in heissem Wasser löslichen sauren Salze der Alkalien und alkalischen Erden fallen beim Erkalten der Lösungen grösstentheils wieder heraus. Salzsäure und Essigsäure fällen aus den Auflösungen der harnsauren Salze Harnsäure in Krystallen. Waren die Lösungen sehr verdünnt, z. B. Harn und es geschieht die Ausscheidung sehr allmählich, so bilden sich wohlcharakterisirte Krystalle wie sie oben beschrieben wurden. In physiologischer Beziehung sind folgende Salze von Wichtigkeit:

Saures harnsaures Natrium.

Saures harnsaures Natrium. Sowie es in Sedimenten gewöhnlich mit Harnsäure und harnsaurem Ammonium gemengt vorkommt, erscheint es unter dem Mikroskop in Gestalt von Kugeln, die mit stachelartig aufsitzenden kleinen feinen Prismen besetzt sind (Funke: Atl. Taf. VII, Fig. 5. Taf. XVII, Fig. 3. — Robin u. Verdeil: Atl. Pl. XVII, Fig. 3. a. b. d. e.), oder als amorphes Pulver (Robin u. Verdeil: Pl. XVII, Fig. 2. u. Pl. XI, Fig. 3. — Ultzmann u. Hofmann: VIII, 1. 2. 3). Die Kugelhaufen verwandeln sich nach einiger Zeit, namentlich in verdünnteren Lösungen, in kurze hexagonale Prismen oder dicke Tafeln. Dieses Salz ist in Wasser schwer löslich; auf Zusatz von Salzsäure wird es unter Abscheidung von Harnsäure zersetzt. Mit Kali entwickelt es, wenn es rein war, kein Ammoniak und beim Erhitzen und Verkohlen hinterlässt es einen weissen anschmelzenden Rückstand, der, mit Wasser befeuchtet, rothes Lackmuspapier bläut und mit Säuren aufbraust.

Saures harnsaures Ammonium.

Saures harnsaures Ammonium. Ein Bestandtheil von gewissen Harnsedimenten (Fiebersedimente, Sedimenta lateritia); immer mit anderen harnsauren Salzen oder freier Harnsäure gemengt. Unter dem Mikroskop erscheinen diese Sedimente gewöhnlich als ein dunkles, körniges, vollkommen amorphes Pulver, welches unter dem Mikroskope mit Salzsäure befeuchtet sich allmählig auflöst; nach einiger Zeit, oft schon nach wenigen Minuten, erscheinen an seiner Stelle kleine rhombische Kryställchen von Harnsäure. In heissem Wasser löst sich das harnsaure Ammonium auf, fällt aber beim Erkalten wieder heraus. (Abbild. bei Ultzmann u. Hofmann: XI, 1 u. 2.)

Saures harnsaures Calcium.

Saures harnsaures Calcium, in Harnsteinen und Sedimenten zuweilen vorkommend, stellt ein weisses, amorphes, in Wasser schwer lösliches Pulver dar. Hinterlässt beim Glühen kohlensaures Calcium.

Vorkommen.

Vorkommen. Die Harnsäure ist ein Bestandtheil des Harns des Menschen und der meisten fleischfressenden Säugethiere, des Harns noch gesäugter Kälber, des Harns der Vögel, der Excremente der Schlangen, Schildkröten, Leguanen, der Schmetterlinge, vieler Käfer und Raupen,

sowie endlich einiger Helixarten. Sie findet sich ausserdem in den Harnsteinen, Harnsedimenten, Gichtknoten und wurde im Blute (bei Gicht und Leukämie, ob im normalen zweifelhaft), in der Milz, der Lunge, der Leber, im Pankreas und dem Gehirne nachgewiesen. Auch im Muskelsafte findet sich dieselbe. Endlich hat man sie in kreideweissen Concretionen nachgewiesen, welche in einigen Gelenkhöhlen und den Muskeln eines *Alligator Sclerops* abgelagert waren (Pagenstecher und Carius).

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Die Harnsäure kommt im normalen menschlichen Organismus wohl nur zum geringsten Theile frei, sondern viel häufiger in Gestalt harnsaurer Salze vor. Es fragt sich selbst, ob das Auftreten freier Harnsäure nicht überall, wo es im menschlichen Körper constatirt wird, mehr oder weniger dem pathologischen Gebiete angehört, oder doch wenigstens mit Zersetzungsvorgängen in Verbindung steht. Freie Harnsäure lässt nicht selten der Harn beim Stehen in Gestalt von Sedimenten fallen, deren Charaktere bereits weiter oben erörtert wurden, und ist ausserdem ein sehr häufiger Bestandtheil der Blasen- und Nierensteine. Eine gewisse und die zahlreichste Classe derselben besteht fast nur aus freier Harnsäure; bei anderen bildet diese mit Calciumoxalat abwechselnde Schichten und zuweilen endlich bildet sie den Kern dieser Concretionen; der sogenannte Harngries besteht entweder ausschliesslich oder doch wenigstens vorwiegend aus krystallisirter freier Harnsäure. Sedimente von krystallisirter Harnsäure beobachtet man im Harne ziemlich häufig bei Krankheiten, wie bei Gicht, Rheumatismus, Nierenleiden und von Fieber begleiteten Entzündungen. Doch ist zu bemerken, dass ganz frisch entleerter Harn höchst selten freie Harnsäure ausscheidet, sondern sich dieselbe meist erst nach längerem Stehen desselben absetzt. Ausser bei den oben genannten Krankheiten findet sich auch unter gewissen noch den physiologischen Breitegraden angehörenden Bedingungen eine Neigung des Harns, beim Stehen krystallisirte Harnsäure auszuscheiden, so nach starker, anhaltender Bewegung mit vermehrter Hauttranspiration, nach reichlichem Genusse von Kaffee, von Champagner oder anderen Reizmitteln. Aus der ungemein geringen Löslichkeit der freien Harnsäure in Wasser ergiebt sich von selbst, dass da, wo dieselbe überhaupt vorkommt, nur sehr wenig davon gelöst sein kann und in der That beobachten wir sie, wo sie im Organismus frei vorkommt, stets krystallisirt und es scheint hier ihr Auftreten mit ihrer Ausscheidung mehr oder weniger zusammenzufallen. In der Form von harnsauren Salzen tritt die Harnsäure beim Menschen normal im Harne auf. Im Harne sind harnsaures Natrium und Kalium aufgelöst enthalten, und zwar als saure Salze; zuweilen aber scheiden sie sich beim Erkalten des Harns in Gestalt der sogenannten Fiebersedimente aus. Ausser in diesen Sedimenten kommen aber auch harnsaure Alkalien im Harngries, in Harnsteinen und in den Gichtknoten vor. In den letzteren tritt das harnsaure Natrium oft sehr

schön krystallisirt auf. Auch in arthritisch erkrankten Gelenkknorpeln hat man krystallisirtes harnsaures Natrium beobachtet. An Ammoniak gebunden ist die Harnsäure häufig genug gefunden worden, und man hat lange Zeit die sogenannten Fiebersedimente im Wesentlichen für harnsaures Ammonium gehalten, während man jetzt weiss, dass sie gewöhnlich wohl etwas harnsaures Ammonium enthalten, aber zum grössten Theil aus harnsaurem Natrium bestehen. Meistentheils ist harnsaures Ammonium Product der gewöhnlich erst ausserhalb des Körpers eintretenden alkalischen Gährung des Harns; bei inveterirtem Blasencatarrh, namentlich bei Blasenlähmung wird der Harn schon innerhalb der Blase alkalisch und enthält dann entleert harnsaures Ammonium in schwarzbraunen mit feinen Nadeln besetzten Kugeln (C. G. Lehmann). Harnsaures Calcium findet sich, wenngleich in geringer Menge, zuweilen in Harnsteinen, Gicht- und anderen Concretionen. Dass auch im Blute die Harnsäure, insoferne sie darin vorkommt, an Alkalien gebunden und gelöst ist, muss vorausgesetzt werden, obgleich directe Beweise dafür fehlen. Ueber den Zustand der ausserordentlich geringen Menge Harnsäure, die man in neuerer Zeit in verschiedenen Geweben nachgewiesen hat, weiss man nichts. In den Excrementen der Vögel dagegen ist nach Meissner's Untersuchungen die Harnsäure zum bei weitem grössten Theile als freie Harnsäure in den Harnkügelchen enthalten, und nur eine sehr geringe Menge davon in Gestalt von Uraten, unter welchen Ammoniumurat vorkommen kann. Auch in den Excrementen von *Pseudopus* und *Lacerta viridis*, sowie in den Schlangenexcrementen ist sie grossentheils frei enthalten.

Abstammung.

Abstammung. Die Abstammung der Harnsäure im Allgemeinen kann nicht zweifelhaft sein und es gilt davon so ziemlich alles beim Harnstoff Gesagte. So wie dieser ist sie ein Product der regressiven Stoffmetamorphose der stickstoffhaltigen Gewebsbestandtheile und zwar eines der Endproducte derselben. Woraus sie aber unmittelbar entsteht, ist vorläufig mit Bestimmtheit nicht zu sagen, da keine Thatsachen vorliegen, die geeignet wären, diese Frage endgültig zu entscheiden. Immerhin aber ist es bemerkenswerth, dass die Formeln des Hypoxanthins und Xanthins zu jener der Harnsäure in einer sehr einfachen Beziehung stehen, wie bereits erörtert wurde, und es daher theoretisch sehr wohl möglich wäre, dass die beiden ersten dieser Verbindungen einfach durch Oxydation in Harnsäure übergingen. Wenngleich es nicht gelungen ist, eine derartige Oxydation ausserhalb des Körpers zu bewerkstelligen, so ist dies doch kein Beweis für die Unmöglichkeit eines solchen Vorganges im Organismus. Wo die Bildungsstätte der Harnsäure zu suchen sei, ist eine Frage, die ebenso wenig als definitiv gelöst anzusehen ist. Es ist nicht anzunehmen, und zwar aus Gründen, die wir unter „Harnstoff“ entwickeln werden, dass die Bildung der Harnsäure erst in den Nieren erfolge und es ist min-

destens wahrscheinlich, dass sie in den Geweben, in deren einigen man sie auch bereits nachgewiesen hat, erzeugt wird. Hält man die Beobachtung H. Ranke's, welche seither von Jacubasch, Berrel, Salkowski, K. B. Hofmann, Reichardt und von Pettenkofer und Voit bestätigt wurde, wornach in der Leukämie mit Milzvergrösserung sich die tägliche Harnsäuremenge sowohl absolut als auch relativ bedeutend vermehrt zeigt, mit der wiederholt beobachteten Vermehrung der Harnsäure bei intermittirenden Fiebern, und mit der ebenfalls von H. Ranke gemachten Erfahrung zusammen, dass grosse Dosen schwefelsauren Chinins bei Gesunden die Ausscheidung der Harnsäure vermindern, und zwar nicht durch Hemmung dieser Ausscheidung, sondern durch Hemmung der Bildung, und dass die Wirkung des Chinins eine milzabschwellende zugleich ist, so gewinnt das constante Vorkommen der Harnsäure im Milzsafte allerdings an Bedeutung und die von H. Ranke aufgestellte Ansicht, wonach die Milz als Stätte der Harnsäurebildung anzusehen wäre, einigen Boden. Für die Harnsäure der Vögel nimmt Meissner als hauptsächlichste Bildungsstätte die Leber dieser Thiere an, in welcher nach seinen Versuchen nicht unerhebliche Quantitäten davon constant vorkommen, während das Blut nur sehr geringe Mengen, das Fleisch aber meist gar keine enthält. Die Frage des Ortes der Bildung der Harnsäure ist übrigens von einer endgültigen Lösung ebenso weit entfernt, wie alle ähnlichen.

Verwandlungen und Austritt.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. — Obgleich die Harnsäure im Harne den Körper als solche verlässt, so erscheint sie doch insoferne nur als eine Zwischenstufe des regressiven Stoffwechsels oder, wenn man will, als eine Hemmungsbildung, als jedenfalls ein Theil derselben in Harnstoff umgesetzt werden mag. Für die Annahme, dass die Harnsäure eine Vorstufe der Harnstoffbildung sei, sprechen zahlreiche Gründe. Vor Allem, dass wir Harnsäure nicht nur allein in Harnstoff, sondern auch in andere als Vorstufen der Harnstoffbildung erkannte Körper, wie Allantoin u. a, künstlich überführen können. Dafür sprechen aber auch physiologische Thatsachen: die Versuche von Frerichs und Wöhler, denen zufolge Harnsäure, innerlich genommen, nicht eine Vermehrung der Harnsäure im Harne bewirkt, sondern eine Vermehrung des Harnstoffs und der Oxalsäure; die eine Vermehrung der Harnstoffausscheidung nach Harnsäuregenuss ebenfalls constatirenden Versuche von Neubauer, Stokvis (bei Menschen) und Zabelin (bei einem Hunde); das von E. Salkowski constatirte Auftreten des Allantoins im Harne von Thieren, denen Harnsäure einverleibt wird; das Fehlen der Harnsäure (in der Regel) im Harne der Pflanzenfresser, während sie in einzelnen Organen derselben (Lunge, Leber, Milz) mit Bestimmtheit nachzuweisen ist; — die geringen Mengen von Harnsäure selbst im Harne fleischfressender Thiere, während fast jede Störung des Stoffwechsels, und namentlich der Oxydation im Organismus von einer Vermehrung

der Harnsäure begleitet wird. Von ganz besonderer Wichtigkeit sind die Versuche von Zabelin, welche an einem Hunde angestellt sind, der sich bei einer täglichen Fleischnahrung von 1500 Gr. Fleisch ins Stickstoffgleichgewicht gesetzt hatte, d. h. genau so viel Stickstoff durch Harn und Koth innerhalb einer fünftägigen Beobachtungsperiode ausgab, als er in der in gleicher Zeit genossenen Nahrung erhielt. Harnsäurezusatz zur Nahrung hatte constante Vermehrung des Harnstoffs zur Folge; gleichzeitig trat aber auch etwas Harnsäure im Kothe auf. Der Ueberschuss im Stickstoffgehalte beider Excrete für die fünftägige Periode stimmte fast genau mit dem Stickstoffgehalte der eingeführten Harnsäure (14·7 Gr.). Allantoin und Oxalsäure fehlten; es war demnach die resorbirte Harnsäure jedenfalls vollständig zu Harnstoff und Kohlensäure verbrannt. Diesen und den von Frerichs und Wöhler, Neubauer und Stokvis erlangten Resultaten gegenüber, können wir den negativen von Gallois angestellten Versuchen keine Beweiskraft zuerkennen. Damit soll jedoch durchaus nicht gesagt sein, dass aller Harnstoff aus Harnsäure und etwa xanthinähnlichen Körpern hervorgehe. Gründe gegen diese Auffassung haben Naunyn und Riess, sowie Meissner geltend gemacht.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Die physiologische Bedeutung der Harnsäure ist die eines Auswurfstoffs, eines der Endproducte der regressiven Stoffmetamorphose.

$$\text{Harnstoff: } CH_4N_2O = \begin{matrix} NH_2 \\ | \\ CO \\ | \\ NH_2 \end{matrix} .$$

(Amid der Kohlensäure.)

Literatur: Ueber die Frage der Bildung und Abstammung des Harnstoffs ist zu vergleichen: Prévost u. Dumas: Annal. de Chim. et de Phys. 1823. XXII, 1. p. 90. — Gmelin: Poggend. Annal. XXXI, 289. — C. G. Lehmann: Journ. f. prakt. Chem. XXV, 22. XXVII, 257. — Derselbe: Lehrb. d. phys. Chem. 2te Aufl. I, 167; Handb. d. phys. Chem. S. 121. — Marchand: Journ. f. prakt. Chem. Bd. XI, 454. Bd. XIV, 449. — Liebig: Thierchemie. 1te Aufl. 147. 251. — Picard: De la présence de l'urée dans le sang. These. Strasbourg 1856. — Poiseuille u. Gobley: Compt. rend. 1859. II, 164. — Gallois: Compt. rend. XLIV, 734. — Cl. Bernard u. Barreswil: Arch. gén. de méd. XIII, 449. — Cl. Bernard: Leçons etc. Paris 1859. — Krahmer: Journ. f. prakt. Chem. XLI, 1. — Mulder: Vers. einer phys. Chemie. II, 1254. — Frerichs: Müller's Arch. 1848. S. 469 u. Artikel: Verdauung u. Ernährung in Wagner's Handwörterb. der Physiol. — Bidder u. Schmidt: Verdauungss. u. Stoffwechsel. Mitau 1852. — L. W. Bischoff: Der Harnstoff als Maass des Stoffwechsels 1853. — Derselbe: Zeitschr. f. rat Med. 3. R. XIV, 1. — K. Voit: Beitr. z. Kreislauf des Stickstoffs u. s. w. Inauguraldissert. München 1857. — Derselbe: Physiol. chem. Untersuch. 1857. — Derselbe: Zeitschr. f. Biol. 1865. I, 69. 110. 283. — Derselbe: Ebenda 1866. I, 6. 77. — Th. L. W. Bischoff u. K. Voit: Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. Leipzig u. Heidelberg 1860. — Pettenkofer u. Voit: Annal. d. Chem. u. Pharm. 1863. Suppl. II, 361. —

J. Ranke: Arch. für Anat. u. Phys. 1862, S. 311. — Henneberg u. Stohmann: Beiträge zur Begründ. einer rat. Fütterung der Wiederkäuer. 1860. 1. Hft. 1864. 2. Hft. — Hammond: American Journ. of med. sc. XLI, 55. — Oppler: Arch. f. path. Anat. XXI, 260. — Munk: Berl. klin. Wochenschr. 1864. Nr. 4. — Perls: Königsb. med. Jahrb. IV, 56. — Zalesky: Untersuch. über den urämischen Process etc. Tübingen 1865. — G. Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. XXVI, 225. — Derselbe: Zeitschr. f. rat. Med. XXXI, 234. 283. — Petroff: Arch. f. path. Anat. XXV, 91. — Gscheidlen: Studien über den Ursprung des Harnstoffs. Habilitationsschrift. Leipzig 1871. — Popp: Ann. der Chem. u. Pharm. CLV, 351. — Derselbe: Ann. der Chem. u. Pharm. CLVI, 88. — Béchamp: Ann. de Chim. et de Phys. (3) XLVIII, 348; LVII, 291; Compt. rend. LXX, 866; LXXIII, 1323. — Städeler: Journ. f. prakt. Chem. LXXII, 251. — Löw: Ebenda N. F. II, 289. — Tappeiner: Ber. d. math. phys. Cl. der Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1871. 6. Mai. — Ritter: Compt. rend. LXXIII, 1219. — Voit: Münch. Sitzungsber. 2. März 1867; Zeitschr. f. Biol. IV, 77. — W. Kühne: Arch. f. path. Anat. XXXIX, 130. — Schultzen u. Nencki: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1869. S. 566. — Dieselben: Zeitschr. f. Biol. VIII, 124. — Schultzen: Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1872. S. 578. — Gréhant: Compt. rend. 1870. I, p. 1182. — Rosenstein: Arch. f. path. Anat. LIII, 141; Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1871. Nr. 23. — Treskin: Arch. f. Physiol. V, 324. — Cyon: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1870. Nr. 37. — Kühne u. Strauch: ebenda. 1864. Nr. 36. u. 37. — Traube: Med. Centralzeit. XXX, 103. — Falck: Arch. f. path. Anat. LIII, 282. — v. Knieriem: Zeitschr. f. Biol. X, 263. — Küssner: Zur Lehre von den Vorstufen des Harnstoffs. Dissert. Königsberg 1874. — Bredschneider: Beitr. zur Kenntniss der Vorstufen des Harnstoffs. Dissert. Königsberg. 1876. — Im. Munk: Arch. f. Physiol. XI, 100. — Pekelharing, ebenda. 602. — E. Salkowski: Centralbl. für die med. Wissensch. 1875. S. 913. — Fränkel: ebenda. 1875. S. 739; Arch. f. path. Anat. LXVIII, 1. — Drechsel: Ber. d. k. sächs. Ges. d. Wissensch. Math. phys. Cl. Sitz. v. 21. Juli 1875. — Schleich: Arch. f. experim. Pathol. IV, 82. — Munk: Arch. f. path. Anat. LXIII. — Musculus: Compt. rend. LXXXII, 333. — Daremberg u. Peter: Gaz. med. de Paris. 1873. p. 215. — F. Hofmeister: Arch. f. Physiol. XII. 337. — Salkowski: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. V, 578. — Baumann u. v. Mering: ebenda. VIII, 116. 636. — E. Salkowski: Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. I, 1. u. 2. Heft, S. 1. 1877.

Harnstoff.

Weisse, seidenglänzende, gestreifte vierseitige Prismen, die an den Enden sehr regelmässig durch ein oder zwei schiefe Endflächen geschlossen werden. Bei gestörter oder zu rascher Krystallisation bildet er feine weisse Nadeln. Geruchlos, von bitterlich-kühlendem, salpeterähnlichem Geschmack, luftbeständig, zieht aber aus der Luft rasch Feuchtigkeit an und ist in Wasser und Alkohol sehr leicht, in Aether schwieriger löslich. Die wässerige Lösung hat keine Einwirkung auf Pflanzenfarben. Beim Erwärmen über 100° C. entwickelt er Ammoniak, schmilzt und wird zersetzt. Durch Oxydationsmittel, wie übermangansaures Kalium und activen Sauerstoff, wird er nicht zersetzt, durch salpetrige Säure aber in Wasser, Stickstoff und Kohlensäure zerlegt. Chlor setzt ihn in Stickstoff, Kohlensäure und Salzsäure um. Brom und unterbromigsaure Alkalien veranlassen analoge Zerlegung.

Starke Mineralsäuren und die Hydrate der Alkalien verwandeln den Harnstoff in Ammoniumcarbonat und dieselbe Zersetzung erleidet eine wässerige Harnstofflösung, wenn derselben organische fäulnissfähige Substanzen: Fermente, zugesetzt werden. Dasselbe geschieht bei der Fäulniss des Harns unter dem Einfluss eines Fermentes; erhitzt man endlich eine Harnstofflösung in zugeschmolzenen Glasröhren bis auf 230° C. bis 240° C., so findet dieselbe Umsetzung statt. Umgekehrt kann man Harnstoff aus Kohlensäure und Ammoniak künstlich darstellen.

Dieses Verhalten ist nicht bloss in theoretisch-chemischer, sondern auch in physiologischer und analytischer Beziehung interessant, da es über seine physiologische Bedeutung unzweifelhaften Aufschluss giebt und sich darauf gewisse Methoden zu seiner Gewichtsbestimmung gründen.

Verbindungen des Harnstoffs. Der Harnstoff verbindet sich mit Säuren, mit Basen und mit Salzen. Diese Verbindungen sind von vielfacher praktischer Wichtigkeit und namentlich gilt dies von nachstehenden:

Salpetersaurer Harnstoff.

Salpetersaurer Harnstoff: CH_4N_2O, NO_3H, scheidet sich auf Zusatz von mässig concentrirter Salpetersäure zu concentrirten Harnstofflösungen in Gestalt von glänzenden Blättchen, bei langsamer Krystallisation auch wohl in deutlich prismatischen Krystallen aus. Unter dem Mikroskope zeigen sich beim Zusammentreten von Harnstoff und Salpetersäure zuerst stumpfe Rhombenoctaëder, deren spitzere Winkel constant 82° sind; aus diesen entwickeln sich rhombische und hexagonale Tafeln, deren gegenüberstehende spitze Winkel ebenfalls 82° betragen. Diese Krystalle sind entweder einzeln, oder in gleichsam übereinandergeschobenen Massen zu sehen.

Gute Abbildungen von den mikroskopischen Krystallisationen des salpetersauren Harnstoffs geben Robin und Verdeil: Atl. Pl. XXX, Fig. 5, 6. Pl. XXXI, Fig. 1.; Funke: Atl. der phys. Chem. 2te Aufl. Taf. III, Fig. 2.; Ultzmann u. Hofmann, Atl. XIII, 2.

Der salpetersaure Harnstoff ist luftbeständig, leicht löslich in Wasser, löslich in Weingeist, schwieriger in salpetersäurehaltigem. Die wässerige sauer reagirende Lösung wird durch Kochen in Kohlensäure, Ammoniumcarbonat, Stickstoffoxydul und Wasser zerlegt. Ueber 100° C. erhitzt, zersetzt sich der salpetersaure Harnstoff ebenfalls und zerfällt in Kohlensäure, Stickstoffoxydul, Harnstoff und Ammoniumnitrat. Rasch erhitzt, verpufft er. Oxalsäure schlägt aus concentrirten Lösungen von salpetersaurem Harnstoff oxalsauren Harnstoff nieder.

Oxalsaurer Harnstoff.

Oxalsaurer Harnstoff: $2(CH_4N_2O), C_2H_2O_4$, bildet sich durch unmittelbare Vereinigung von Oxalsäure- und Harnstofflösungen in concentrirtem Zustande. Dünne, lange, gewöhnlich büschelförmig gruppirte Krystallblättchen, zuweilen ausgebildete Prismen. Unter dem Mikroskope zeigt der oxalsaure Harnstoff zuweilen ähnliche Formen wie der salpetersaure Harnstoff, doch sind die Winkelverhältnisse verschieden. Die mikroskopischen Formen des oxalsauren Harnstoffs sind übrigens so mannigfaltig, dass sie sich zur sicheren Erkennung des Harnstoffs nicht so eignen, wie jene des salpetersauren Harnstoffs.

Gute Abbildungen der mikroskopischen Formen des oxalsauren Harnstoffs finden sich bei Robin und Verdeil: Atl. Pl. XXXI, Fig. 2. Pl. XXXII, Fig. 1 u. 2, Funke: Atl. Taf. III, Fig. 3., Ultzmann und Hofmann: Atl. XIII, 1.

Der oxalsaure Harnstoff ist in kaltem Wasser schwer, in siedendem leichter löslich. In Alkohol ist er ziemlich schwierig löslich. Beim Erhitzen zersetzt er sich in Ammoniumcarbonat und Cyanursäure.

Die Darstellung des salpetersauren oder oxalsauren Harnstoffs bildet in der Regel den Ausgangspunkt für den Nachweis des Harnstoffs in thierischen Substanzen, der unter Umständen von hoher physiologischer oder pathologischer Bedeutung sein kann. Namentlich dann, wenn man es mit sehr geringen Mengen zu thun hat, ist die mikroskopische Darstellung dieser beiden Verbindungen und das Studium ihrer Krystallform unter dem Mikroskope das einzige Mittel, die Gegenwart oder Abwesenheit des Harnstoffs mit Sicherheit zu ermitteln. Doch ist dabei grosse Vorsicht nöthig, denn unter Umständen und namentlich bei Gegenwart extractiver Materien zeigen salpetersaure Alkalien unter dem Mikroskope den Krystallisationen des salpetersauren Harnstoffs täuschend ähnliche Formen. Die Messung der Krystallwinkel, wo es angeht und die Ermittelung des Verhaltens der Krystalle ist daher unumgänglich nothwendig, um sich vor Täuschung zu schützen. Volle Sicherheit giebt häufig nur die Darstellung des reinen Harnstoffs aus der salpetersauren oder oxalsauren Verbindung.

Phosphorsaurer Harnstoff.

Phosphorsaurer Harnstoff: CH_4N_2O, PO_4H_3, bildet grosse glänzende Krystalle des rhombischen Systems, die in Wasser sehr leicht löslich, aber nicht zerfliesslich sind; wurde von J. Lehmann direct aus dem Harne mit Kleie gefütterter Schweine durch Abdampfen erhalten.

Salpetersaurer Quecksilberoxyd-Harnstoff.

Salpetersaurer Quecksilberoxyd-Harnstoff. Wenn man einer verdünnten Harnstofflösung eine gleichfalls verdünnte Lösung von Mercurinitrat allmählich zusetzt und die freie Säure der Mischung von Zeit zu Zeit mit Natriumcarbonat neutralisirt, so erhält man einen Niederschlag, der Harnstoff in Verbindung mit Mercurinitrat enthält. Fährt man mit dem Zusatz von Quecksilbersalz und Natriumcarbonat abwechselnd fort, so lange noch dieser Niederschlag gebildet wird, so stellt sich ein Punkt ein, bei welchem durch den Zusatz von Natriumcarbonat die Mischung oder der Ort, wo der Tropfen hinfällt, eine gelbe Färbung von Quecksilberhydroxyd oder basischem Mercurinitrat annimmt. Zu diesem Zeitpunkt ist aller Harnstoff gefällt und der Niederschlag enthält 1 Mol. Harnstoff auf 2 Mol. Quecksilberoxyd. Auf dieses Verhalten gründet sich die Liebig'sche Methode der quantitativen Bestimmung des im Harn enthaltenen Harnstoffs, welche für physiologische und ärztliche Zwecke sehr wichtig geworden ist.

Harnstoff-Chlornatrium.

Harnstoff-Chlornatrium: $CH_4N_2O, NaCl + H_2O$, scheidet sich in glänzenden rhombischen Prismen beim Verdunsten der Lösungen von Harnstoff und Kochsalz aus. Auch aus Menschenharn erhält man bisweilen diese Verbindung beim Abdampfen.

Vorkommen.

Vorkommen. Der Harnstoff ist der Hauptbestandtheil des Harns des Menschen und der Säugethiere, findet sich aber auch im Harne der Vögel und einiger Reptilien. Er wurde ferner nachgewiesen im Blute, im Chylus und Lymphe, in der Leber und Milz, in den Lungen, im

Gehirn, in der Augenflüssigkeit mit Linse und Glaskörper, in der Galle, in der Amniosflüssigkeit, theils beim Menschen, theils bei Säugethieren; in dem von den Hautdrüsen von *Bufo cinereus* secernirten alkalischen Safte, weiterhin in sämmtlichen Organen der Plagiostomen *(Raja clavata, Raja Batis, Torpedo ocellata* und *marmorata, Spinax Acanthias, Scyllium canicula)* und in den Excrementen der egyptischen Fledermäuse (Popp). Unter pathologischen Verhältnissen findet er sich im Schweisse, im Speichel (nach Rabuteau normal), im Erbrochenen und in hydropischen Transsudaten.

Mengenverhältnisse.

Mengenverhältnisse. Ueber diese wird an anderen Orten das vorhandene und verwerthbare Material beigebracht werden.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Der Harnstoff gehört zu jenen Substanzen, welche im Organismus in einfacher Lösung vorkommen. In der That genügt es, einen an Harnstoff einigermaassen reichen Harn einfach abzudampfen, um krystallisirten Harnstoff zu erhalten.

Abstammung.

Abstammung. Aus zahlreichen physiologischen Thatsachen ergiebt sich, dass der Harnstoff die ihrem chemischen Charakter nach auf der Grenze zwischen Organischem und Anorganischem stehende Form ist, in welcher unter normalen Bedingungen der Stickstoff der Körperbestandtheile den Organismus verlässt. Dies ergiebt sich ohne Weiteres aus dem Resultate zahlreicher Versuche, aus denen mit voller Bestimmtheit wenigstens so viel hervorgeht, dass wir den grössten Theil des dem Körper in der Nahrung und in der Gestalt von Eiweisskörpern zugeführten Stickstoffs im Harnstoff wiedererhalten; ein weiterer Beweis liegt in der ebenfalls vielfach erhärteten Thatsache, dass er nach Genuss von thierischer Nahrung, namentlich nach reichlichem Fleischgenuss im Harne vermehrt ist. Beim Hungern der Thiere wird fortwährend noch Harnstoff und zwar bis zum eintretenden Hungertode erzeugt, der sonach in diesem Falle nur von den fortwährend umgesetzten Geweben stammen kann, welcher fortdauernde Umsatz, wie bekannt, die Ursache der beim Hungern eintretenden Abmagerung, des Schwindens der Gewebe ist. Die Abstammung des Harnstoffs von den stickstoffhaltigen Gewebsbestandtheilen: den Albuminstoffen und Albuminoiden, ist ganz zweifellos. Anderseits aber widerspricht es allen chemischen und physiologischen Erfahrungen anzunehmen, wie dies von einzelnen Seiten geschehen ist, dass der Uebergang der stickstoffhaltigen Gewebsbestandtheile in Harnstoff ein directer, unmittelbarer sei, dass Albuminstoffe und Albuminoide sofort in Harnstoff verwandelt werden könnten, ja, es kann nicht einmal angenommen werden, dass der Vorgang ein directer Oxydationsvorgang sei. Die noch immer nicht endgültig entschiedene Frage, ob Eiweisskörper in unseren Laboratorien in Harnstoff verwandelt werden können, scheint nach unserer Meinung die physiologische Bedeutung, welche man ihr vielfach beimisst, kaum zu verdienen. Dass aus Eiweisskörpern Harn-

stoff hervorgeht, lehrt uns der thierische Stoffwechsel; ob der Uebergang hierbei ein unmittelbarer ist, lässt sich durch in unseren Laboratorien angestellte Versuche überhaupt gar nicht entscheiden. Béchamp wollte schon vor vielen Jahren durch die Einwirkung von Kaliumpermanganat auf Eiweiss Harnstoff erhalten haben, und hält diese Behauptung nach neuerlichen Versuchen entgegen den negativen Resultaten von Städeler, Löw, Tappeiner mit aller Entschiedenheit aufrecht. Auch Ritter (Würtz's Laboratorium) behauptet, bei der Wiederholung der Béchamp'schen Versuche aus Eiweiss, Fibrin und Leim ansehnliche Mengen von Harnstoff erhalten zu haben. Sei dem wie ihm wolle, so tritt er bei der Einwirkung des Kaliumpermanganats auf Albuminstoffe, wenn überhaupt, jedenfalls als Endproduct auf. Es ist geradezu unmöglich, das Vorkommen zahlreicher stickstoffhaltiger, krystallisirbarer und in ihrem chemischen Verhalten mehr und mehr sich dem Harnstoff nähernder Substanzen im Organismus misszuverstehen, um so weniger als sie zum grossen Theile in der That in Harnstoff verwandelt werden können und zuweilen sogar in ihrem Vorkommen den Harnstoff begleiten. Wir sind allerdings noch weit davon entfernt, alle einzelnen Glieder dieser grossen Kette auch wirklich zu kennen, aber mehrere Stoffe, die im Thierkörper vorkommen, vermögen wir in ihrer physiologischen Bedeutung gar nicht anders aufzufassen, denn als solche Zwischenglieder. Es gehören dahin: Allantoin, Alloxan, Hypoxanthin und Xanthin, Guanin und endlich Harnsäure. Aber auch den Eiweisskörpern näher stehende Producte der regressiven Stoffmetamorphose: Asparagin- und Asparaginsäure (v. Knieriem), Leucin und Glycin (Salkowski) können als Vorstufen des Harnstoffs angesehen werden. Wir müssen gegenwärtig annehmen, dass die Bildung des Harnstoffs das Schlussresultat einer Reihe mit einander alternirender und neben einander herlaufender hydrolytischer Spaltungen und Oxydationen der Gewebsbestandtheile ist, in Folge deren sie in immer einfacher zusammengesetzte, und ihrem Typus nach dem Anorganischen sich immer mehr nähernde Substanzen zerfallen, bis sie im Harnstoff, der nichts weiter wie Kohlensäure + Ammoniak — Wasser ist, auf der untersten Sprosse der Leiter angelangt sind.

Material für die Bildung des Harnstoffs.

Was nun die Gründe für diese Auffassung betrifft, so ergiebt sich aus den Versuchen von Wöhler und Frerichs, dass Harnsäure, theils von den ersten Wegen, theils vom Gefässsystem aus dem Organismus einverleibt, eine beträchtlich vermehrte Ausscheidung des Harnstoffs zur Folge hat, während in allen beobachteten Fällen gleichzeitig die Gegenwart der Oxalsäure constatirt, aber jene des Allantoins vermisst wurde. Letzteres aber fand E. Salkowski in nicht unerheblicher Menge im Harne eines Hundes, dem Harnsäure einverleibt wurde, so dass demnach der Nachweis geliefert ist, dass die Harnsäure sich im Organismus in ähnlicher Weise umsetze, wie durch Bleisuperoxyd und activen Sauerstoff. Der Uebergang von Alloxan, Hypoxanthin und Xanthin in Harnstoff ist ein so einfacher und auch in unseren Laboratorien in Bezug auf die bei-

den erstgenannten auch wirklich realisirter, dass man diese Stoffe unbedenklich insoferne als Vorstufen des Harnstoffs betrachten kann, als sie durch Oxydation in Harnsäure übergehen. Schwieriger wird die Deutung der Thatsache, dass gewisse Amidosäuren: Asparaginsäure, Amidoessigsäure, Sarkosin (Methylamidoessigsäure) und Leucin (Amidocapronsäure), dem Organismus einverleibt, ohne vermehrten Eiweisszerfall Harnstoffvermehrung zur Folge haben (Schultzen und Nencki, v. Knieriem, E. Salkowski). Da alle diese Amidosäuren nur 1 At. Stickstoff im Molecül enthalten, so ist der Vorgang ihrer Umwandlung in Harnstoff nur dann verständlich, wenn man ihn als einen synthetischen auffasst, da das Harnstoffmolecül 2 Atome Stickstoff enthält. Ueber den Modus dieser Synthese haben Drechsel[1]) und E. Salkowski[2]) Betrachtungen angestellt, die ohne die Frage zu erledigen kurzer Erwähnung werth sind. Drechsel glaubt aus von ihm ausgeführten Versuchen über die Oxydation von Amidosäuren, und auch von Albumin durch Uebermangansäure in alkalischer Lösung annehmen zu dürfen, dass sich Carbaminsäure überall da bilde, wo stickstoffhaltige Kohlenstoffverbindungen in alkalischer Lösung verbrannt werden, oder kürzer ausgedrückt, wo Kohlensäure und Ammoniak *in statu nascendi* verbrannt werden. Drechsel, der Carbaminsäure auch im Blute nachgewiesen haben will, denkt sich nun die Bildung des Carbaminsäureamides, d. h. des Harnstoffes aus Carbaminsäure erfolgend. Die Eiweisskörper zerfallen in Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure u. s. w. Diese liefern bei der Oxydation Carbaminsäure, und diese als carbaminsaures Salz zerfalle unter der Einwirkung irgend eines Fermentes in Harnstoff und kohlensaures Salz:

$$2\,(NH_2CO.ONa) = CO\begin{cases}NH_2\\NH_2\end{cases} + CO\begin{cases}ONa\\ONa\end{cases}.$$

Diese Hypothese würde auch die von v. Knieriem und von Salkowski constatirte Thatsache erklären, dass nach Einfuhr von Chlorammonium und von Ammoniumnitrat ein Theil des Stickstoffs dieser Salze im Harn als Harnstoff wieder erscheint[3]).

Salkowski auf die Thatsache sich stützend, dass gewisse Amidosäuren nach ihrer Einführung in den Organismus, oder auch wohl synthetisch (Taurocarbaminsäure, Uramidobenzoësäure) beim Uebergang in Uramidosäuren die Atomgruppe CONH aufnehmen, und daran erinnernd, dass Cyansäure beim Verbrennen von Eiweisskörpern in Gegenwart von Alkali entstehe, denkt sich den Harnstoff durch die Wechselwirkung von zwei Cyansäuremolecülen *in statu nascendi* nach folgendem Schema gebildet:

---

[1]) Ber. d. k. sächs. Ges. d. Wissensch. Sitzung v. 21. Juli 1875.

[2]) Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1875. 913.

[3]) Vergl. die Abhandlung von E. Salkowski: über den Vorgang der Harnstoffbildung, in der Zeitschr. f. Physiol. Chemie I. Bd. 1. u. 2. Heft. 1877. S. 1, die ich im Texte nicht mehr benutzen konnte.

$$\begin{cases} CONH \\ CONH \end{cases} + H_2O = CO \begin{cases} NH_2 \\ NH_2 \end{cases} + CO_2.$$

Nach derselben Hypothese würde die Harnstoffbildung durch Zufuhr von Ammoniak sich durch nachstehendes Schema erläutern lassen:

$$2\,(CONH) + 2\,(NH_3) = 2\left(CO \begin{cases} NH_2 \\ NH_2 \end{cases}\right).$$

Beide Hypothesen haben mit einander gemein, dass sie den Vorgang der Harnstoffbildung als einen synthetischen auffassen. Tyrosin, ebenso aber auch Kreatin und Kreatinin scheinen sich nach den vorliegenden Erfahrungen über ihren unveränderten Durchgang durch den Organismus (v. Knieriem, Voit und Meissner), bei der Harnstoffbildung entweder gar nicht, oder in nur sehr untergeordneter Bedeutung zu betheiligen.

Luxus-consumtion.

Die Frage, ob der normal gebildete Harnstoff ausschliesslich aus den umgesetzten Geweben stamme, ob mit anderen Worten die Elemente des Harnstoffs früher Bestandtheile von Geweben gewesen sein müssen, oder ob neben dieser Abstammung des Harnstoffs noch eine andere möglich sei, ob nämlich die überschüssig dem Organismus in der Nahrung zugeführten Albuminstoffe und Albuminoide, ohne zu Geweben zu werden, in Harnstoff umgesetzt werden können (sogenannte Luxusconsumtion), wofür die nach eiweissreicher Nahrung sehr rasch eintretende Harnstoffvermehrung geltend gemacht wird, hat zu vielfachen Discussionen Veranlassung gegeben, ist aber auch heute noch unentschieden. Wir kommen unter „Ernährung“ darauf zurück.

Ort der Bildung des Harnstoffs.

Was den Ort der Bildung des Harnstoffs anbetrifft, so hat man in früheren Zeiten geglaubt, derselbe werde erst in den Nieren gebildet, welche demzufolge als harnbereitendes Organ in dem Sinne aufgefasst wurden, in welchem die Leber als gallenbereitendes erscheint. Durch zahlreiche, theils anatomisch-histologische, theils experimental-physiologische Untersuchungen (Prévost und Dumas, Ségalas, Gmelin, Tiedemann, Mitscherlich, Marchand u. A.), die, soweit die chemischen Verhältnisse dabei in Betracht kamen, übereinstimmend constatirten, dass bei verschiedenen Thieren (Hunden, Hammeln, Katzen und Kaninchen) Aufhebung der Nierenfunction durch Exstirpation des Organs, Ligatur der Nierengefässe etc., Ansammlung des Harnstoffs im Blute und den Geweben zur Folge habe, stellte sich aber bei den Physiologen die Ansicht fest, dass der Harnstoff nicht erst in den Nieren gebildet, sondern denselben schon fertig gebildet zugeführt werde. Aber auch diese Ansicht sollte nicht unangefochten bleiben. Durch eine Reihe von Versuchen (Oppler, Perls, namentlich aber Zalesky [1]), die zu theilweise geradezu entgegengesetzten Resultaten führten, erschienen nun die seit 45 Jahren, durch fortwährend beigeschafftes Material fester begründeten Ansichten geradezu auf den Kopf gestellt. Späteren Beobachtern (Meissner, Voit, Gréhant, Gscheidlen, Rosenstein u. A.), namentlich aber Meissner [2]),

[1]) Zalesky: Untersuchungen über den urämischen Process. Tübingen 1865.
[2]) Zeitschr. f. rat. Med. (3. R.) XXVI, 225. XXXI, 234. 283.

der der neuen Lehre zuerst mit Entschiedenheit entgegentrat, wurde es aber nicht allzuschwer nachzuweisen, dass die Resultate Zalesky's Folge fehlerhafter Versuchsbedingungen, oder des Mangels an Umsicht waren, und die ältere Theorie in ihre wohlerworbenen Rechte wieder einzusetzen. Wenn übrigens gegenwärtig die Mehrzahl der Physiologen darüber einig ist, dass der Harnstoff nicht erst in den Nieren gebildet wird, so gehen ihre Ansichten darüber, wo die Hauptbildungsstätte desselben zu suchen ist, noch immer weit auseinander. Meissner, welcher zuerst beträchtliche Mengen Harnstoff als constanten Bestandtheil der Leber verschiedener Säugethiere nachwies, der, so wie die Versuche angestellt wurden, unmöglich nur aus dem Blute stammen konnte, ist geneigt, als die Hauptquelle und Bildungsstätte des Harnstoffs die Leber anzusehen, und macht für diese Ansicht unter Anderem das von verschiedenen Beobachtern constatirte Zurücktreten, respective Fehlen des Harnstoffs im Harne an acuter Leberatrophie, Lebercarcinom etc. Leidender, so wie die Anhäufung von Leucin und Tyrosin in der Leber bei diesen Krankheiten und ihr Auftreten im Harne geltend. Der Ansicht Meissner's schloss sich Cyon im Wesentlichen an, während Gscheidlen, einen bedeutenden Harnstoffgehalt der Leber bestätigend, hervorhob, dass die Milz häufig noch mehr Harnstoff enthalte wie die Leber, und den bei Annahme der Meissner'schen Theorie zu erwartenden grösseren Harnstoffgehalt des Blutes der Lebervene gegenüber jenem der Pfortader nicht constatiren konnte. Gegen die Meissner'sche Ansicht sind Voit, welcher den Harnstoff in den Geweben und dem Blute entstehen lässt, und J. Munk aufgetreten, welcher letztere den Harnstoffgehalt des Blutes bei Thieren constant höher wie jenen der Leber fand.

Verwandlungen und Austritt.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Unter normalen Bedingungen erfährt der Harnstoff im Organismus keine weiteren Verwandlungen; er ist das Endproduct der regressiven Stoffmetamorphose und tritt als solches aus dem Körper. Unter mancherlei pathologischen Verhältnissen dagegen erleidet er allerdings im Organismus schon Veränderungen, die unter gewöhnlichen Bedingungen erst ausserhalb desselben stattfinden. So geschieht es zuweilen, dass der gelassene Harn stark alkalisch reagirt und mit Säuren braust, demnach Ammoniumcarbonat enthält, welches durch Spaltung des Harnstoffs bereits in der Blase entstanden ist, indem der Harnblasenschleim reichlicher abgesondert, zu einem Fermente für Harnstoff wird. Demgemäss beobachtet man diese Erscheinung zumeist bei inveterirtem Blasencatarrh, überdies aber auch bei Rückenmarksleiden. Auch im Blute sollte unter pathologischen Verhältnissen eine Spaltung des dort angehäuften Harnstoffs in Kohlensäure und Ammoniak stattfinden können, so bei der Cholera und bei anderen Krankheiten, und es sollten die bei Harnretention auftretenden Erscheinungen (Urämie) von dem Harnstoffgehalte des Blutes (Gallois, Hammond), oder dem aus seiner Zersetzung hervorgehenden

Urämie.

kohlensauren Ammonium (Frerichs) abzuleiten sein; später aber wurde die letztere Annahme von verschiedenen Forschern bekämpft (Hammond, Oppler, Kühne, Strauch und Voit). Nach den Beobachtungen von Voit scheint Harnstoff im lebenden Organismus und innerhalb des Gefässstromes sich nicht in Kohlensäure und Ammoniak zu spalten; niemals fand er bei Urämie im Blute Ammoniak; Ammoniak bewirkt auch keine urämischen Erscheinungen. Ebensowenig günstig waren aber Voit's Erfahrungen der Theorie Traube's, nach welcher die Urämie Folge von Transsudation aus verdünntem Blute in das Gehirn sein würde. Er fand nämlich das Gehirn nephrotomirter Thiere nicht wasserreicher, und auch keine Flüssigkeitsansammlung in den Ventrikeln. Hoppe-Seyler und Voit betrachten die Urämie als Folge der Zurückhaltung von Harnbestandtheilen überhaupt. Die Stauung aller oder jedes einzelnen derselben könne die Urämie herbeiführen, überhaupt alle Producte der regressiven Stoffmetamorphose, soferne sie nicht gasförmig sind und im Blute und in den Organen zurückgehalten werden. Man kann kleine Hunde mit Harnstoff füttern, ohne bei ihnen Krankheitserscheinungen wahrzunehmen, wenn man ihnen genug zu saufen giebt, da dann der genossene Harnstoff durch die Nieren rasch wieder entfernt wird. Entzieht man ihnen aber das Wasser, so tritt sofort Urämie auf (Voit). Dass auch bei Thieren, bei welchen der Harnstoff fehlt (Vögeln), nach Unterbindung der Ureteren urämische Erscheinungen eintreten, mag hier erwähnt werden.

Physiologische Bedeutung. Die physiologische Bedeutung des Harnstoffs für den Thierkörper ergiebt sich aus den bereits erörterten Beziehungen von selbst, sie ist die eines Excretionsstoffs; der Harnstoff ist diejenige Form, in welcher der Stickstoff, nachdem er im Körper durch vielerlei intermediäre Formen passirt ist, den Körper verlässt, um nun wieder anderen Processen zu dienen. Insoferne nach den neueren Untersuchungen es als ausgemacht gelten kann, dass in der Regel aller Stickstoff der dem Körper in der Nahrung zugeführten und zur Regeneration der Gewebe bestimmten Eiweisskörper, soweit er nicht im Kothe enthalten ist, im Harne wieder erscheint, gewinnt er eine weitere physiologische Bedeutung, indem nämlich unter gewissen Bedingungen und Einschränkungen seine Ausscheidungsgrösse als Maass für die Energie des Stoffwechsels verwerthet werden kann.

Physiologische Bedeutung.

Cystin: $C_3H_7NSO_2$.

Literatur: W. H. Wollaston: Ann. de Chim. LXXVI, 21. — Lassaigne: Ann. de Chim. et de Pharm. XXIII, 328. — Thaulow: Ann. d. Chem. u. Pharm. XXVII, 197. — Grote: Ebenda CXXX, 206. — Toel: Ebenda XCVI, 247. — Milner Barry: Arch. of Med. I, 10. — Cloetta: Ann. d. Chem. u. Pharm. XCIX, 289. — Scherer: Arch. f. path. Anat. X,

228. — Bartels: Arch. f. pathol. Anat. XXVI, 419. — Marowsky: Deutsch. Arch. f. klin. Med. IV, 449. — J. Dewar und A. Gamgee: Journ. of Anat. and Physiol. V, 142. — W. F. Löbisch: Wien. med. Jahrb. 1877. 1. Heft. — A. Niemann: Beitr. zur Lehre von der Cystinurie beim Menschen. Dissert. Göttingen 1876.

Eigenschaften.

Mikroskopische, farblose, durchsichtige sechsseitige Tafeln und Blätter, geruch- und geschmacklos, ohne Reaction auf Pflanzenfarben, unlöslich in Wasser und Alkohol, löslich in Mineralsäuren und Oxalsäure; leicht löslich in ätzenden und in kohlensauren Alkalien, nicht aber in kohlensaurem Ammonium. Aus seinen sauren Lösungen wird es am Besten durch kohlensaures Ammonium, aus seinen alkalischen durch Essigsäure gefällt. Beim Erhitzen schmilzt es und verbrennt mit blaugrüner Flamme. Durch Kochen mit Kalilauge wird es zersetzt; wird es mit einer alkalischen Bleioxydlösung gekocht, so scheidet sich Schwefelblei aus. Mit Zink und Salzsäure behandelt entwickelt es nach wenigen Secunden reichlich Schwefelwasserstoff.

Mit Säuren bildet es salzartige, leicht zersetzbare Verbindungen.

Mikroskop. Abbildungen siehe bei Funke: Atl. 2te Aufl. Taf. III, Fig. 6; Robin u. Verdeil: Atl. Pl. XXXIII u. XXXIV; Ultzmann u. Hofmann: Taf. XVI, 2.

Vorkommen.

Vorkommen. Früher nur als Bestandtheil seltener Nieren- und Blasensteine bekannt, ist es seither auch im menschlichen Harn und zwar als Sediment sich aus selbem ausscheidend, oder auch wohl gelöst bleibend, häufig auch im Hundeharn, ausserdem in den Nieren des Rindes und in der Leber eines an Typhus verstorbenen Säufers nachgewiesen. Auch soll es nach Dewar und Gamgee im Schweisse vorkommen können (?).

Physiologische Beziehungen.

Die physiologischen Beziehungen des Cystins sind noch gänzlich unaufgeklärt und ebenso wenig wissen wir sein pathologisches Auftreten zu deuten. Bei der sehr geringen Kenntniss, welche wir von den Bildungs- und Umsetzungsweisen dieses merkwürdigen schwefelhaltigen Körpers haben, über dessen Constitution man nur Vermuthungen aufstellen kann, fehlen auch die Anhaltspunkte für seine Abstammung und die Metamorphosen, welche er im Körper erleiden kann. Da es ein stickstoffhaltiger und zugleich schwefelreicher Körper ist, so kann es natürlich nur von stickstoff- und schwefelhaltigen Gewebsbestandtheilen herstammen, und aus der Seltenheit seines Vorkommens im Harn könnte man schliessen, dass es unter normalen Bedingungen entweder gar nicht gebildet, oder alsbald weiter umgesetzt werde, während andererseits sein Vorkommen in drüsigen Organen dafür zu sprechen scheint, dass es ein Durchgangspunkt des Stoffwechsels sei, welche als Hemmungsbildung in demselben Sinne aufzufassen ist, wie jene des Allantoins. Marowsky

beobachtete einen Fall von Cystinausscheidung durch den Harn bei völligem Darniederliegen der Gallenbereitung und Schwund der Leber und konnte Gallenbestandtheile in diesem Falle weder im Harn noch in den Fäces nachweisen. Die Vermuthung, die Cystinbildung möge hier mit der gestörten Gallenbildung im Zusammenhange gestanden haben, liegt nahe genug; es sind aber keine chemischen Anhaltspunkte dafür gegeben, dass Taurin und Cystin, von ihrem Schwefelgehalte abgesehen, sonst wie verwandt seien. Dewar und Gamgee erhielten durch Einwirkung von salpetriger Säure auf Cystin eine Säure, deren Silbersalz sich dem brenztraubensauren Silber ähnlich verhielt, und vermuthen deshalb und wegen des Verhaltens ihrer neuen Säure überhaupt eine Beziehung des Cystins zur Brenztraubensäure und soferne diese durch Wasserstoff in statu nascendi leicht in Gährungsmilchsäure übergeht, auch zu dieser. Diese Vermuthung aber findet weder in dem bisher bekannten chemischen Verhalten des Cystins, noch in demjenigen der beiden Säuren eine Stütze.

Bemerkenswerth ist die von mehreren Beobachtern (Stromeyer, Prout, Venables, Willis, Beale) bei Cystinurie constatirte Verminderung der Harnsäureausscheidung bis zum Verschwinden derselben, welche in jüngster Zeit auch von Niemann beobachtet wurde, obgleich auch diese Erscheinung keine constante ist, denn Bartels, sowie Löbisch fanden die Harnsäure bei den von ihnen beobachteten Fällen nicht vermindert. Niemann fand aber die Ausscheidung von Schwefelsäure durch den Harn im Verhältnisse zur Cystinausscheidung vermindert.

Taurin: $C_2H_7NSO_3 = C_2H_4\begin{cases}NH_2\\SO_3H\end{cases}$.

Literatur: L. Gmelin: Tiedem. und Gmel. Die Verdauung I, 43. 60. — Demarçay: Ann. d. Chem. u. Pharm. XXVII, 292. — Redtenbacher: Ebenda LVII, 170. LXV, 37. — v. Gorup-Besanez: Ebenda LIX, 130. — L. A. Buchner: Gel. Ang. der k. bayer. Akad. d. Wissensch. 1848. Nr. 232. — Derselbe: Ann. d. Chem. u. Pharm. LXXVIII, 203. — Frerichs: Artikel Verdauung: Handw. d. Physiol. 1856, III, 1, S. 801. — Valenciennes und Fremy: Journ. de Chim. et de Pharm. (3) XXVIII, 401. — Verdeil: Compt. rend. XXIII, 604. — Cloetta: Ann. d. Chem. u. Pharm. XCIX, 289. — Städeler u. Frerichs: Journ. f. prakt. Chem. LXXIII, 48. — Limpricht: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXXVII, 185. CXXXIII, 293. — Salkowski: Ber. d. deutsch. chem. Ges. V, 1872. 637. — Derselbe: Ebenda VI, 1873, S. 1191. 1312. — Derselbe: Arch. f. path. Anat. LVIII, 50. — Huppert: Ber. d. deutsch. chem. Ges. VI, 1873. S. 1278.

Eigenschaften.

Grosse, glasglänzende, farblose Säulen des monoklinen Systems, luftbeständig, ohne Reaction, geschmacklos, in kaltem Wasser schwer, in heissem leicht löslich, in Alkohol und Aether unlöslich. Wird beim Er-

hitzen unter Entwickelung schwefliger Säure zersetzt; glüht man es mit Soda, so erhält man eine Masse, die mit Säuren Schwefelwasserstoff entwickelt. Beim Erhitzen mit Kali wird es in schwefligsaures und essigsaures Kalium und Ammoniak verwandelt; eine ähnliche Veränderung erleiden seine Lösungen bei Gegenwart von kohlensauren Alkalien durch thierische Fermente; durch salpetrige Säure zerfällt es in Isäthionsäure, Stickstoff- und Wasserstoffgas. Ist auf synthetischem Wege durch Erhitzen von chloräthylsulfonsaurem Silber mit concentrirtem Ammoniak dargestellt.

Mikroskop. Abb. vgl. bei Funke Atl. 2te Aufl. Taf. V, Fig. 1.

Vorkommen.

Vorkommen. Als Zersetzungsproduct der Galle tritt Taurin zuweilen im Darme und den Excrementen auf (Frerichs), wird aber darin noch häufiger vermisst (Hoppe-Seyler); ausserdem wurde es in verschiedenen Organen der *Plagiostomen*, im Fleische verschiedener Fische und des Pferdes, in den Molluskenmuscheln, in den Nieren und dem Lungengewebe verschiedener Säugethiere, auch einmal im menschlichen Harn bei Icterus (?) nachgewiesen.

Physiologische Beziehungen.

Die physiologischen Beziehungen des Taurins, Abstammung, Metamorphosen im Organismus etc. sind in tiefes Dunkel gehüllt. Soferne es als Component der Taurocholsäure erscheint, verweisen wir auf das unter „Abstammung der Gallensäuren" Angeführte; allein es ist kaum anzunehmen, dass das in verschiedenen Geweben gefundene einem ähnlichen Bildungsmodus seinen Ursprung verdanke und ebensowenig liesse sich die Meinung rechtfertigen, dass in den Geweben das Taurin aus einer Spaltung der Taurocholsäure hervorgegangen sei, denn dann müsste man darin auch Cholsäure nachweisen können, was aber nicht der Fall ist. Wie es aber in diesen Geweben entsteht, darüber lassen sich nicht einmal Vermuthungen aufstellen, denn auch seine Constitution giebt uns hierüber keine Anhaltspunkte. Da das Taurin sich weder im Harne noch im Blute und, wie es scheint, nur ausnahmsweise und in kleinen Quantitäten in den Fäces findet, so muss es in anderer Form den Körper verlassen, und es war naheliegend anzunehmen, dass es oxydirt werde und die Schwefelsäure der Sulfate des Harns vom Taurin stamme. In der That giebt Salkowski an, dass beim Menschen nach der Einverleibung von Taurin der grösste Theil desselben im Harne nicht wieder erscheine, dagegen aber eine schwefel- und stickstoffhaltige krystallisirbare Säure, die unten zu beschreibende Taurocarbaminsäure.

Nach diesen Resultaten durfte man hoffen, auch im normalen Harne Taurocarbaminsäure als Umsatzproduct des Taurins der Galle anzutreffen, was aber Salkowski bisher nicht gelang. Die Erklärung, welche er dafür giebt, ist zu ausschliesslich hypothetisch, um hier Berücksichtigung zu finden. Eine Vermehrung der Sulfate des Harns nach Einverleibung

von Taurin findet jedoch beim Menschen nach Salkowski entschieden nicht statt.

$$\text{Taurocarbaminsäure: } C_3H_8N_2SO_4 = \begin{array}{l} NH_2 \\ | \\ CO \\ | \\ NHCH_2CH_2SO_3H \end{array}$$

Tauro-carbaminsäure.

Tritt im Harne des Menschen nach Einverleibung von Taurin (s. o.), wie es scheint, constant auf und lässt sich synthetisch durch Eindampfen einer mit Kaliumcyanat vermischten Taurinlösung erhalten.

Glänzende, quadratische Prismen, etwas hygroskopisch, sehr leicht löslich in Wasser, schwer in Alkohol, unlöslich in Aether. Zersetzt sich beim Erhitzen mit Barytwasser in Taurin, Ammoniak und Kohlensäure. Liefert gut krystallisirende Salze.

$$\text{Hippursäure: } C_9H_9NO_3 = CH_2\begin{cases} NHC_7H_5O \\ CO(OH) \end{cases}.$$

Literatur: Verdeil und Dollfus: Mém. de la soc. de biologie. T. II, p. 79. — Hallwachs: Ueber den Ursprung der Hippursäure des Harns der Pflanzenfresser. Gekr. Preisschr. Göttingen 1857. — Meissner: De sudoris secretione. Dissert. Lips. 1859. — Kühne und Hallwachs: Nachr. d. K. Gesellsch. d. W. zu Göttingen 1857. Nr. 8. 129. — Arch. f. path. Anat. XII, 386. — A. Weismann: Ueber den Ursprung der Hippursäure im Harn der Pflanzenfresser. Preisschr. Göttingen 1857. Zeitschr. f. rat. Medicin. 3. R. II, 331. — Roussin: Compt. rend. 1856. 1. Nr. 13. — von Maack: Arch. f. wissensch. Heilk. IV, 97; Schmidt's Jahrb. Bd. 99. 278. — Lautemann: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXXV, 9. — Bence-Jones: Journ. of the chem. soc. XV, 81. — Thudichum: Ebenda 1864. II, 55. — W. Mattschersky: Arch. f. path. Anat. XXVIII, 538. — Schultzen: Arch. f. Anat. u. Phys. 1863, S. 25. — Derselbe: Ebenda 1863, S. 204. — Folwarczny: Zeitschr. d. Ges. d. Aerzte in Wien. N. F. II, 15. Neukomm u. Frerichs: Klinik der Leberkrankheiten. Bd. II, 537. — Huppert: Arch. d. Heilk. VI, 93. — Horace Chase: Arch. f. Anat. u. Phys. 1865, S. 392. — Henneberg und Stohmann: Beitr. z. Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer 1864. II, 48. 346. — Henneberg: Neue Beitr. z. Begründ. einer rat. Füster. der Wiederkäuer 1870 bis 1872. — Grouven: Phys. chem. Fütterungsversuche. Berlin 1864. — G. Meissner u. C. U. Shepard: Untersuch. über das Entstehen der Hippursäure im thier. Organismus. Hannover 1866. Thudichum: Journ. of the chemical soc. (?). — Harten: Beitr. z. Kenntn. d. Quellen der Hippursäure etc. Dissert. Dorpat 1867. — Weiske: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1870. Nro. 26. Zeitschr. f. Biologie VI, 456. — Dietrich u. König: Landwirthsch. Versuchsstat. 1870, S. 222. — Hofmeister: Nobbe: landwirthsch. Versuchsstationen 1871, S. 458. — Wildt: Tagbl. d. 46. Vers. d. Naturf. u. Aerzte. Wiesbaden 1873. S. 115. — Stutzer: Landwirthsch. Versuchsstat. XVIII, 364. — Schultzen u. Gräbe: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1867, S. 166. — Schultzen und Naunyn: Ebenda 1867, S. 349. Ann. d. Chem. u. Pharm. CXLII, 349. — Bunge u. Schmiedeberg: Arch. f. exper. Pathol. II, S. 233.

Eigenschaften.

Grosse, wohlausgebildete, milchweisse vierseitige Prismen; geruchlos, von schwach bitterlichem Geschmack, in kochendem Wasser und Weingeist leicht, in kaltem Wasser und Aether aber schwieriger löslich. Die Lösungen zeigen deutlich saure Reaction. Beim Erhitzen schmilzt die Hippursäure zu einem öligen Liquidum, welches beim Erkalten zu einer krystallinischen Masse erstarrt; bei stärkerem Erhitzen zerfällt sie anfangs in Benzoësäure und benzoësaures Ammonium, hierauf in Benzonitril, Blausäure und einen harzartigen Körper.

Mit Salzsäure, Schwefelsäure oder anderen starken Säuren, oder auch mit Alkalien gekocht, spaltet sich die Hippursäure in Benzoësäure und Glycin; eine ähnliche Zersetzung erleidet sie durch Fermente in alkalischen Flüssigkeiten, z. B. in faulendem Harn. Durch Bleisuperoxyd wird sie in Benzamid, Kohlensäure und Wasser, durch salpetrige Säure in Benzoglycolsäure, durch ein Gemisch von Salpetersäure und Schwefelsäure in Nitrohippursäure verwandelt. Die hippursauren Salze sind krystallisirbar und meist in Wasser löslich. Die Lösungen der hippursauren Salze werden durch stärkere Säuren unter Ausscheidung der Hippursäure zersetzt.

Gute Abbildungen von Hippursäure und hippursaurem Calcium finden sich bei Robin u. Verdeil: Atl. Pl. XX. XXI. XXII. XLIV; bei Funke: Atl. d. phys. Chem. 2te Aufl. Taf. VIII, Fig. 2 u. 3 und bei Ultzmann u. Hofmann: Atl. T. XIV, 1.

Vorkommen.

Vorkommen. Die Hippursäure ist ein normaler Bestandtheil des Harns pflanzenfressender Säugethiere, vor Allem der Pferde, dann aber auch des Rindes, der Ziege, des Schafes, des Hasen, des Elephanten, der Kameele u. a. m. Im menschlichen Harn ist sie bei gesunden Individuen und normaler Nahrung in geringer Menge enthalten, allein bei ausschliesslicher Pflanzenkost vermehrt sie sich darin derart, dass ihre Menge der im Harne von Herbivoren auftretenden gleichkommt; auch bei Diabetes mellitus nimmt ihre Menge im Menschenharne zu. Ausserdem wurde sie in den Excrementen von *Testudo graeca* und *tabulata*, gewisser Schmetterlinge und Habichtsmotten und in den Hautschuppen bei Ichthyosis nachgewiesen, endlich ihre Gegenwart in den Nebennieren der Pflanzenfresser wahrscheinlich gemacht. Auch im Castoreum soll sie vorkommen. Ihr früher behauptetes Vorkommen im Blute der Pflanzenfresser (Verdeil u. Dollfus), und im Schweisse nach Genuss von Benzoësäure (H. Meissner) konnten G. Meissner und Shepard nicht bestätigen.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Wenn man von dem Vorkommen der Hippursäure im Organismus spricht, so versteht man darunter keineswegs freie Hippursäure, denn solche scheint im Organismus nicht vorzukommen, sondern hippursaure Salze. In der That ist die Hippursäure im Organismus stets an Basen gebunden, namentlich an Natrium und

Calcium und in dieser Form gelöst. Geringe Mengen könnten allerdings auch wohl als freie Hippursäure gelöst sein, allein ihre Hauptmenge ist sicherlich stets an Basen gebunden und zwar im Harne der Pferde hauptsächlich an Calcium. Durch einfaches Abdampfen des Pferdeharns kann hippursaures Calcium krystallisirt erhalten werden.

Abstammung.

Abstammung. Die Frage nach der Abstammung der Hippursäure beansprucht aus mehrfachen Gründen ein besonderes Interesse. Vor Allem deshalb, weil ihre Bildung mit der Art der Nahrung in innigem Zusammenhange steht. In der That ist die Hippursäure, wie oben bemerkt wurde, ein Normalbestandtheil des Harns pflanzenfressender Säugethiere, während bei fleischfressenden ihre Stelle durch Harnsäure vertreten ist. Allein auch bei Pflanzenfressern ist, wie sich dies aus den Untersuchungen von Weismann, aus jenen von G. Meissner und Shepard, endlich jenen von Henneberg und Stohmann, Weiske, Dietrich und König, Wildt und Stutzer mit voller Bestimmtheit ergiebt, das Auftreten der Hippursäure im Harn und ihre Menge abhängig von der Art der Fütterung. Bei Menschen erfährt die Menge der Hippursäure bei Pflanzenkost, namentlich aber nach dem Genusse von *Reine-Claudes*, welche Chinasäure enthalten, eine bedeutende Vermehrung (Thudichum, Harten), und damit im Einklang steht die Beobachtung Wöhler's, wonach im Harne von Kälbern die Hippursäure so lange fehlt, als sie noch keine vegetabilische Nahrung genossen haben. Die Hippursäure ist weiterhin eine Verbindung, deren Bildung im Organismus nicht nur allein durch die Art der Nahrung, sondern auch auf anderem Wege willkürlich hervorgerufen werden kann. Nach der Einführung von Benzoësäure oder von solchen Substanzen, die wie Bittermandelöl und Zimmtsäure leicht in Benzoësäure übergehen, erscheint im Harne von Pflanzenfressern, Menschen und Hunden reichlich Hippursäure; auch Chinasäure geht bei Menschen und Pflanzenfressern in den Harn als Hippursäure über, während im Widerspruche mit den Beobachtungen von Mattschersky bei Fleischfressern (Katzen und Hunden) G. Meissner und Shepard einen Uebergang der Chinasäure in Hippursäure nicht constatiren konnten. Vergleicht man die Formel der Benzoësäure mit jener der Hippursäure, so sieht man sogleich, dass die Hippursäure als Benzoylglycin betrachtet werden muss:

Benzoësäure . . . . =	$C_7H_6\ \ O_2$
Glycin	$C_2H_5NO_2$
	$C_9H_{11}NO_4$
	$-\ \ H_2\ \ O$
Hippursäure	$C_9H_9NO_3$

Mit dieser Anschauung stehen nun in der That alle chemischen Beziehungen der Hippursäure im Einklange. Durch Behandlung mit Säuren zerfällt sie in Benzoësäure und Glycin, unter der Einwirkung von Fer-

menten spaltet sie sich in Benzoësäure und Zersetzungsproducte des Glycins; durch Behandlung mit salpetriger Säure liefert sie Benzoglycolsäure, endlich lässt sie sich auf synthetischem Wege aus Benzoësäure und Glycin, oder auch aus Benzoylchlorür und Glycin-Zink künstlich darstellen. Wenn wir nun die Benzoësäure im Organismus in Hippursäure übergehen, und substituirte Benzoësäure sich ähnlich verhalten sehen, so dass Chlorbenzoësäure in Chlorhippursäure, Amidobenzoësäure in Amidohippursäure sich verwandeln (Schultzen u. Gräbe), ja wenn wir sogar beobachten, dass andere aromatische Säuren: Toluylsäure, Salicylsäure, Anissäure (Methylparoxybenzoësäure) sich im Organismus ganz ähnlich verhalten, indem sie dabei die mit Glycin gepaarte Tolursäure, Salicylursäure und Anisursäure liefern, so liegt es sicherlich nahe, anzunehmen, dass die Benzoësäure und die ihr ähnlichen stickstofffreien Säuren im Organismus die Elemente des Glycins aufnehmen; dies gewinnt an Bedeutsamkeit, wenn man sich erinnert, dass Glycin zwar als solches im Organismus der Wirbelthiere bisher noch nicht aufgefunden wurde, dass es aber ein Zersetzungsproduct der Albuminoide und der leimgebenden Gewebe ist, und in gepaarter Verbindung in der Galle in der Form von Glykocholsäure vorkommt. Aus dem Angeführten erhellt von selbst, dass für die Erforschung der Bildung der Hippursäure im Thierkörper mehrfache Anhaltspunkte gegeben sind und dass gerade diese Säure eine treffliche Veranlassung darbietet, an unsere Anschauungen über den Chemismus im Thierkörper den prüfenden Maassstab der Thatsachen anzulegen. Zunächst entsteht die Frage, ob die Bildungsweise der Hippursäure, welche nach der Einführung von Benzoësäure und verwandten Stoffen sich im Harne findet, deren Entstehung demnach gleichsam willkürlich hervorgerufen werden kann, auch für jene Hippursäure gilt, die ohne eine solche Einführung unter normalen Ernährungsverhältnissen im Organismus der Pflanzenfresser gebildet wird, ob mithin in der Nahrung der letzteren der stickstofffreie Paarling der Hippursäure: die Benzoësäure, oder eine Verbindung, die in Benzoësäure leicht übergehen kann, bereits enthalten ist, ob sonach der Stoffwechsel dazu nur den stickstoffhaltigen Paarling: das Glycin, beiträgt, oder ob die Bildungsweise der sogenannten normalen Hippursäure eine wesentlich verschiedene ist und beide Componenten derselben von den umgesetzten Geweben geliefert werden. Dass Letzteres möglich ist, lehrt, die Richtigkeit derselben vorausgesetzt, die Beobachtung von Schultzen, welcher die Hippursäure im Harne einer Verhungernden nicht allein nachwies, sondern sogar mehr wie doppelt so viel fand, als die normale Menge im menschlichen Harne beträgt. Nachdem von verschiedenen Seiten angestellte Untersuchungen übereinstimmend gezeigt haben, dass die Albuminstoffe bei der Behandlung mit Oxydationsmitteln Benzoësäure und Bittermandelöl liefern, ist vom theoretischen Standpunkte auch nichts Erhebliches gegen eine derartige Entstehung der Hippursäure einzuwenden; allein bewiesen ist sie keineswegs und es

sind die praktischen Erfahrungen bezüglich des Einflusses der Fütterungsart auf die Hippursäurebildung nicht wohl mit obiger Voraussetzung vereinbar.

Bei dem von allen Beobachtern anerkannten bedeutenden Einflusse der Fütterungsart auf die Hippursäureausscheidung der Herbivoren war es nahe genug gelegt zu prüfen, ob in den verfütterten Pflanzen aromatische Atomcomplexe enthalten seien, welche das für Hippursäurebildung erforderliche Benzoyl liefern konnten. Versuche nach dieser Richtung angestellt (Hallwachs, Harten) lieferten negative Ergebnisse. Nicht klarer vom chemischen Gesichtspunkte wurde die Abstammung der Hippursäure, als Meissner und Shepard durch eingehende Untersuchungen zu dem Schlusse kamen, dass die sogenannte Rohfaser, d. h. das im Wesentlichen aus Cellulose bestehende Pflanzengerüste, welches nach Erschöpfung der hippursäurereichen Harn liefernden Futtersubstanzen mit indifferenten Lösungsmitteln, sowie alternirend mit verdünnten Säuren und Alkalien zurückbleibt, verfüttert, hippursäurereichen Harn liefere. Die Möglichkeit, dass diese Rohfaser Benzolderivate enthalte, kommt kaum in Betracht und ist überdies durch Versuche von Stutzer ausgeschlossen. Gleichwohl möchte darauf hinzuweisen sein, dass nach Hoppe-Seyler's[1]) Beobachtung Brenzkatechin beim Erhitzen von Kohlehydraten mit Wasser unter starkem Drucke sich bildet und von mir[2]) als Bestandtheil einer lebenden Pflanze nachgewiesen ist. Da nun überdies nach den Veruchen von Wildt die bei Wiesenheufütterung regelmässig zu constatirende bedeutende Hippursäureausscheidung nicht von Gras, sondern von dem Grase beigemengten Kräutern herrührt, anderseits die Hippursäureausscheidung der Herbivoren bei Verfütterung von gewissen an Rohfaser sehr reichen Futtermitteln sehr zurückgeht, oder ganz aufhört, so wird die Richtigkeit der Annahme von Meissner und Shepard überhaupt zweifelhaft.

Ort der Bildung.

Was den Ort der Bildung der Hippursäure betrifft, so glaubten Kühne und Hallwachs durch eine Reihe von Versuchen gezeigt zu haben, dass dieselbe innerhalb des Leberkreislaufes erfolge. Leider aber sind alle späteren Beobachter zu von denen Kühne's sehr abweichenden Resultaten gekommen (Folwarczny, Neukomm, Schultzen, H. Huppert, Horace Chase, G. Meissner und Shepard, Bunge und Schmiedeberg). G. Meissner und Shepard[3]) sind der Ansicht, dass die Hippursäure erst in den Nieren gebildet werde und stützen dieselbe durch die Resultate einer Reihe von Versuchen, welche eine Bildung dieser Säuren erst in den Nieren allerdings als sehr plausibel erscheinen lassen; auch Bunge und Schmiedeberg kommen auf

---

[1]) Hoppe-Seyler: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. IV, 15.

[2]) Gorup-Besanez: Ebenda IV, 905.

[3]) Shepard: Untersuch. über das Entstehen der Hippursäure etc. Hannover. 1866. S. 21.

Grund ihrer Veruche zu dem Resultate, dass wenigstens bei den Hunden die Nieren die Organe seien, in denen die Vereinigung von Benzoësäure und Glycin zu Hippursäure nach Injection von Natriumbenzoat und Glycin in's Blut erfolge. Aber wenn man die Bildung aller übrigen Harnbestandtheile nicht in der Niere erfolgen lässt, wie das doch wohl von der Mehrzahl der Physiologen geschieht und insbesondere von Meissner, so ist die Annahme, nur die Hippursäure mache von der Regel eine Ausnahme, wenig zusagend. Es ist auch in dieser Frage noch lange nicht das letzte Wort gesprochen.

Verwandlungen im Organismus u. Austritt.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Unter normalen Bedingungen der Ernährung der Pflanzenfresser scheint die Hippursäure im Organismus keine weiteren Veränderungen zu erleiden, sondern wird als solche mit dem Harn ausgeschieden. Doch haben wiederholte Versuche eine gewisse Beziehung der Ausscheidung der Hippursäure zur Lebensart der Thiere festgestellt und ergeben, dass wenn aus irgend einer Ursache bei Pflanzenfressern keine oder nur geringe Hippursäureausscheidung stattfindet, die Harnstoffmenge steigt und umgekehrt (Henneberg und Stohmann, G. Meissner und Shepard), sowie dass im Harne stark arbeitender Pferde die Hippursäure in viel grösserer Menge auftritt, wie im Harne ruhender Thiere; ja, nach Beobachtungen von Roussin soll sogar ein constantes Verhältniss zwischen Hippursäure- und Harnstoffgehalt des Harns der Pferde bestehen, insoferne nämlich mit der Abnahme der Hippursäure im Harne der Harnstoff sich vermehrte und umgekehrt. Nach den von G. Meissner und Shepard ermittelten Thatsachen kann kaum bezweifelt werden, dass in jenen Fällen, wo die Hippursäure sehr vermindert, der Harnstoff aber sehr vermehrt ist, in Folge eines qualitativ geänderten Stoffwechsels es gar nicht zur Bildung der Hippursäure kommen kann. Bei der normalen Hippursäurebildung scheint solcher Stickstoff aus dem Stoffwechsel benutzt zu werden, welcher bei Fehlen der Bedingungen zur Hippursäurebildung den Körper in Form von Harnstoff verlassen haben würde. Auch die Temperatur scheint die Hippursäurebildung zu beeinflussen; wenigstens fanden G. Meissner und Shepard bei niedriger Temperatur die Hippursäureausscheidung bei Kaninchen bedeutender, wie bei hoher, wo im Harne mehr Harnstoff und ausserdem Bernsteinsäure auftrat. Die von Grouven gemachte Beobachtung, dass kochsalzarmes Futter bei Rindern die Hippursäureausscheidung vermehre, ist vorläufig nicht zu verwerthen.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Die physiologische Bedeutung der Hippursäure ist die eines Excretionsstoffes; für eine andere fehlen wenigstens alle Anhaltspunkte.

Kynurensäure: $C_{20}H_{14}N_2O_6 + 2H_2O$.

Literatur: Liebig: Ann. der Chem. u. Pharm. LXXXVI, 125. CVIII, 354. — Eckhardt: Ann. der Chem. u. Pharm. XCVII, 358. — C. Voit und L. Riederer: Zeitschr. f. Biol. 1865, S. 315. — Seegen: Sitzungsber. der Wiener Akad. XLIX, 24. — Fr. Schneider: Bei Seegen u. s. w. — G. Meissner und C. U. Shepard: Untersuch. über das Entstehen der Hippursäure im thier. Organismus. Hannover 1866. — Naunyn u. Riess: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1869, S. 381. — Schmiedeberg u. Schultzen: Ann. der Chem. u. Pharm. CLXIV, 155.

Kynurensäure.

Vierseitige, durchsichtige, glasglänzende Nadeln, oder ein lockeres, seideglänzendes, aus kleinen Kryställchen bestehendes Pulver, beim Trocknen auf 150⁰ das Krystallwasser verlierend. Beim Erhitzen schmelzend und sich hierauf unter Bildung eines Oeles von dem Geruch des Benzonitrils zersetzend. So gut wie unlöslich in heissem und kaltem, salpetersäure- und salzsäurehaltigem Wasser, ziemlich leicht löslich in heissem Alkohol, beim Erkalten sich theilweise ausscheidend; auch in Aether ist sie etwas löslich (Schmiedeberg und Schultzen). Mit Baryt liefert sie ein schwer lösliches in glänzenden compacten Nadeln krystallisirendes Salz von der Formel $C_{20}H_{12}BaN_2O_6 + 3H_2O$.

Vorsichtig auf 265⁰ erhitzt, liefert die Kynurensäure ein schön krystallisirtes basisches Zersetzungsproduct von der Formel $C_{18}H_{14}N_2O_2$: Kynurin (Schmiedeberg und Schultzen).

Darstellung.

Schmiedeberg und Schultzen stellten die Kynurensäure in folgender Weise dar: Hundeharn wird entweder direct, oder nach Fällung mit Bleizucker und Entbleiung des Filtrats auf $^1/_3$ seines Volumens eingedampft, mit Salz- oder Salpetersäure angesäuert, und die nach tagelangem Stehen an einem kühlen Orte abgeschiedene Kynurensäure zur Trennung von mit gefälltem feinkörnigen Schwefel und von Harnsäure mit verdünntem Ammoniak behandelt, worin sie sich leicht löst; zur Reinigung wird die ammoniakalische Lösung mit Blutkohle entfärbt, und hierauf aus der noch heissen verdünnten Lösung durch Essigsäure gefällt. Durch Wiederholung dieser Operationen erhält man sie allmählich rein.

Vorkommen.

Vorkommen. Die Kynurensäure wurde zuerst von Liebig im Hundeharn aufgefunden, späterhin auch von Eckhard, C. Voit, Meissner, Naunyn und Riess, Schultzen und Schmiedeberg darin nachgewiesen.

Physiologische Beziehungen.

Ihre physiologischen Beziehungen sind noch wenig bekannt. C. Voit und Riederer fanden die Kynurensäure im Harne eines Hundes constant: während des Hungerns, bei reiner Fleischnahrung,

bei gemischter Nahrung und bei ausschliesslicher Fütterung mit stickstofffreien Nahrungsstoffen. Ihre Menge war ungefähr jener der Harnsäure im Menschenharne gleich, schwankte aber nach der Art der Nahrung; beim Hunger fand sich die geringste Menge; mit dem Gehalte der Nahrung an stickstoffhaltigen Stoffen stieg auch ihre Menge. G. Meissner dagegen beobachtete die Kynurensäure im Harne eines mit Fleisch gefütterten Hundes nur ausnahmsweise, bei vegetabilischer Nahrung gar nicht. Naunyn und Riess fanden dagegen in dem Harne eines mit Fleisch gefütterten Hundes neben Harnsäure stets auch Kynurensäure. Bei Brotnahrung fehlte die Harnsäure. Es scheinen hier jedenfalls individuelle Momente in Betracht zu kommen. Harnsäure fand sich im Harne des Meissner'schen Hundes constant in nicht unbeträchtlicher Menge, während sie in jenem des Voit'schen Hundes nur in Spuren vorhanden war. Dass Glaubersalzzufuhr auf die Kynurensäureausscheidung von Einfluss sei (Seegen) fand Voit nicht bestätigt.

$$\text{Oxalursäure: } C_3H_4N_2O_4 = \begin{array}{l} NH - CO \\ \;| \qquad\quad | \\ CO \qquad CO(OH). \\ \;| \\ NH_2 \end{array}$$

Literatur: Schunck: Proc. r. soc. XVI, 140. — Neubauer: Zeitschr. f. analyt. Chem. VII, 225.

Oxalursäure.

Die freie Oxalursäure, ein Zersetzungsproduct der Harnsäure, beziehungsweise der Parabansäure stellt ein weisses lockeres, sauer schmeckendes und reagirendes, in Wasser nur schwierig lösliches Pulver dar. Kocht man sie mit Wasser oder mit verdünnten Alkalien längere Zeit, so zerfällt sie in Oxalsäure und Harnstoff: $C_3H_4N_2O_4 + H_2O = C_2H_2O_4 + CH_4N_2O$.

Die oxalursauren Alkalien sind in Wasser löslich, die übrigen Salze schwer löslich oder unlöslich.

Oxalursaures Ammonium.

Oxalursaures Ammonium: $C_3H_3(NH_4)N_2O_4$, ist in kaltem Wasser schwer, in kochendem leicht löslich und krystallisirt in seideglänzenden weissen Nadeln, die bis 120° ohne Zersetzung erhitzt werden können. Aus den heissen gesättigten Lösungen scheiden Salzsäure oder verdünnte Schwefelsäure Oxalursäure als krystallinischen Niederschlag ab. Versetzt man eine mässig verdünnte wässerige Lösung des Salzes mit Chlorcalcium und Ammoniak, so entsteht kein Niederschlag. Erwärmt man aber die Mischung, so tritt, bevor die Mischung ins Kochen kommt, Trübung ein, und es scheidet sich Calciumoxalat ab (sehr empfindliche Reaction). Silbernitrat erzeugt in den Auflösungen des oxalursauren Ammoniums sogleich keinen Niederschlag; nach kur-

zer Zeit aber scheiden sich feine Krystallnadeln von oxalursaurem Silber aus, welches sich am Lichte nicht schwärzt.

Vorkommen. Die Oxalursäure ist als oxalursaures Ammonium nach Schunck und Neubauer in allerdings sehr geringer Menge ein Normalbestandtheil des menschlichen Harns. Um es darin nachzuweisen, sind grosse Mengen (mindestens 50 Liter) Harn erforderlich. Man filtrirt denselben durch Thierkohle, wäscht die Kohle bis zur völligen Entfernung der Chloride und Phosphate mit Wasser aus, trocknet sie dann in mässiger Wärme und zieht sie mit kochendem Alkohol aus. Die alkoholische filtrirte Lösung wird im Wasserbade verdunstet, der Rückstand mit lauwarmem Wasser extrahirt, und die wässerige Lösung zur Syrupconsistenz verdunstet. Das nach längerem Stehen auskrystallisirende oxalursaure Ammonium wird durch Entfärbung der wässerigen Lösung mit Thierkohle und Umkrystallisiren aus heissem Wasser gereinigt.

Vorkommen.

Die physiologischen Beziehungen der Oxalursäure ergeben sich aus ihrem Verhältnisse zur Harnsäure, zur Oxalsäure und zum Harnstoff ohne Weiteres. Sie ist das Uebergangsglied der Harnsäure zur Oxalsäure und zum Harnstoff und steht demnach auf einer der untersten Stufen der Leiter der regressiven Stoffmetamorphose.

Physiologische Beziehungen.

Inosinsäure: $C_{10}H_{14}N_4O_{11}$.

Literatur: Liebig: Ann. der Chem. u. Pharm. LXII, 317. — Limpricht: Ebenda CXXXIII, 301. — Creite: Zeitschr. f. rat. Med. XXXVI, 195.

Syrupähnliche Flüssigkeit, durch Alkohol sich in eine feste amorphe Masse verwandelnd. Leicht löslich in Wasser, nicht löslich in Alkohol und Aether. Die Inosinsäure röthet Lackmus stark, schmeckt fleischbrühartig und zersetzt sich beim Erhitzen, auch schon bei längerem Sieden der Lösung. Mit Basen verbindet sie sich zu Salzen, von denen die inosinsauren Alkalien krystallisirbar und in Wasser löslich sind.

Inosinsäure.

Die Inosinsäure selbst ist nicht analysirt und obige Formel aus der Analyse ihres Baryumsalzes abgeleitet.

Inosinsaures Baryum: $C_{10}H_{12}BaN_4O_{11}$, krystallisirt in silberglänzenden Blättchen und ist wenig löslich in kaltem Wasser, leichter in kochendem. — Inosinsaures Kalium: $C_{10}H_{12}K_2N_4O_{11}$, kann direct aus der Fleischflüssigkeit erhalten werden und krystallisirt aus Wasser in langen vierseitigen Prismen.

Vorkommen.

Vorkommen. Wurde von Liebig in geringer Menge im Fleischsafte entdeckt. Reichlich scheint sie sich im Hühnerfleische zu finden, im Taubenfleische konnte sie Gregory nicht finden und ebenso wenig Schlossberger im Ochsenfleische. Dagegen wurde sie von Creite im Fleische von Enten, Gänsen, Tauben, Kaninchen und Katzen aufgefunden, und zwar im Enten- und Gänsefleisch beträchtlich mehr wie im Hühnerfleische. Aus dem Fleische von Fischen (Häringen und Hornfischen) erhielt Limpricht Baryumsalze, die in ihren äusseren Charakteren untereinander und mit dem inosinsauren Baryum übereinstimmten, bei der Analyse jedoch abweichende Zahlen gaben. Das Baryumsalz der Säure aus Häringen ergab eine der Formel: $C_{13}H_{17}BaN_{10}O_{14}$ entsprechende Zusammensetzung, jenes der Säure aus Hornfischen ergab die Formel: $C_{10}H_{14}BaN_4O_{11}$.

Physiologische Bedeutung.

Ihre physiologischen Beziehungen sind unbekannt, doch ergiebt sich aus den Umständen ihres Vorkommens, dass sie den Producten der regressiven Stoffmetamorphose beigezählt werden muss.

Sulfocyansäure, CNHS.

Literatur: Wright: On the physiology and pathology of the saliva. London 1842. — Jacubowitsch: De saliva. Dissert. Dorpat. Livonor. 1853. — C. G. Lehmann: Lehrb. der physiol. Chem. Bd. II, 9. — Mitscherlich: Poggendorff's Ann. XXVII, 320. — Longet: Compt. rend. XLII, 450. — Pettenkofer: Buchner's Repert. f. d. Pharm. XCI, 303. — Schönbein: Journ. f. prakt. Chem. XCII, 166. — Sertoli: Gaz. med. ital. lombarda XXIX, 197. — Löbisch: Wiener akad. Sitzungsber. LXIII, 2te Abthl. 488. — Külz: Ber. der Gesellsch. zur Beförderung der ges. Naturwissensch. in Marburg 1875, S. 76. — Imm. Munk: Verhandl. der physiol. Gesellsch. zu Berlin. 11. Nov. 1876; Arch. f. path. Anat. LXIX, 1876. — R. Gscheidlen: Arch. f. Physiol. XIV, 401. — Thudichum: Ebenda XV, 12 u. 51. — Gscheidlen: Ebenda XV, 350.

Eigenschaften.

Die Sulfocyanate der Alkalien sind krystallisirbar, sehr leicht löslich in Wasser und Alkohol, zerfliesslich. Sie sind, so wie die freie Säure selbst nicht giftig. Ihre Lösungen geben mit Silbersalpeter einen weissen käsigen Niederschlag von sulfocyansaurem Silber, unlöslich in verdünnter Salpetersäure, löslich in Aetzammoniak, Mercurinitrat fällt eine leicht zersetzbare Verbindung von Mercurisulfocyanat. Mit Eisenchlorid geben sie eine intensiv blutrothe Färbung, welche durch Salzsäure nicht verschwindet, wohl aber durch Alkalien (empfindliche Reaction). Blei fällt sulfocyansaures Blei. Das Blei- und Silbersalz mit verdünnten Säuren destillirt, zersetzt sich unter Bildung von Schwefelwasserstoff und Blausäure, welche sich im Destillate nachweisen lassen. Mit Zink und Salzsäure erwärmt liefern die sulfocyansauren Salze Schwefelwasserstoff; mit Kalilauge auf

einer blanken Silbermünze erwärmt, schwärzen sie das Silber, während Ammoniak entweicht.

Vorkommen.

Vorkommen. Geringe, jedoch wägbare Mengen von sulfocyansauren Alkalien sind seit lange als Bestandtheile des gewöhnlichen und Parotidenspeichels nachgewiesen und finden sich darin entweder constant, oder wenigstens in der Regel. In neuerer Zeit aber will man sulfocyansaure Alkalien auch im Blute (Leared) und im Harne von Menschen und Thieren nachgewiesen haben (Leared, Munk, Gscheidlen, Külz). Bezüglich des Blutes gaben genau nach den Angaben von Leared in meinem Laboratorium angestellte Versuche (von H. Lange) ein negatives Resultat. Nach den übereinstimmenden Resultaten von Leared, Munk, Gscheidlen und Külz scheint aber das Vorkommen von Sulfocyansäure im Harn nicht länger zweifelhaft. Schon längst hatten Voit, Schönbein, Sertoli und Löbisch auf einen schwefelhaltigen organischen Körper im Harne hingewiesen. Zwar ist der Nachweis der Sulfocyansäure im Harne nur durch die obigen Reactionen, und nicht etwa durch Isolirung der Sulfocyanate geführt, doch vermögen von Thudichum vorgebrachte theoretische Bedenken und negative Versuchsresultate die positiven Ergebnisse der obengenannten Beobachter kaum zu widerlegen.

Die Bildung der Sulfocyansäure im Organismus, so wie ihre etwaige physiologische Bedeutung sind vollkommen unaufgeklärt. Vielleicht beruht ihre Bildung auf einem ähnlichen Vorgange wie die Bildung des Senföls (Schwefelcyanallyl) aus der Myronsäure (Hoppe-Seyler).

Indifferente Körper.

Harnpigmente.

Literatur: Die wichtigere Literatur über die Harnpigmente ist nachstehende: Prout: Ann. de Chim. XXXVI, p. 258. — Golding Bird: Lectures on the physiol. and path. charakters of urinary deposits etc. 1843. — Fr. Simon: Med. Chem. I, 312. — Scharling: Ann. der Chem. u. Pharm. XLII, 265. — Scherer: Ann. d. Chem. u. Pharm. LVII, 180. — Heller: Arch. f. physiol. Chem. 1845, S. 161, 169, 172; ebenda: 1846, S. 19, 536, 21. — Al. Martin: Das Urokyanin, Inaugural-Dissertat. 1846. München, auch im Arch. f. physiol. Chem. 1846, S. 191, 287. — Virchow: Arch. f. path. Anat. VI, 259. — Prout: Inquiry in the nature and treatment of diabetes and calculus etc. II. edit. p. 16; Medico-chir. Transact. XII, 37. — Landerer: Buchner's Repert, f. d. Pharm. II. R. V, 234. — Braconnot: Ann. de Chim. et de Physiol. XXIX, 158. — Dulk: Arch. d. Pharm. XVIII, 159. — Harley: Verhandl. der med. physiol. Gesellsch. zu Würzburg. V; Journ f. prakt. Chem. LXIV, 264. — Thudichum: British med. Journ. 1864, S. 509. — Derselbe: Journ. f. prakt. Chem. CIV, 1868, S. 257. — Jaffé: Arch. f. path. Anat. XLVII,

405. — Derselbe: Zeitschr. f. anal. Chem. IX, 150; Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1869, S. 177. — R. Maly: Ann. d. Chem. u. Pharm. CLXIII, 90. — Vierordt: Physiol. Spectralanalysen. Zeitschr. f. Biol. X, 21. — Bogomoloff: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1875, S. 210. — (*Indican* und *Indigo.*) — Hill Hassal: Chem. Gaz. 1853, S. 355; Journ. f. prakt. Chem. LX, 382; Chem. Gaz. 1854, S. 320; Journ f. prakt. Chem. LXIII, 381. — v. Sicherer: Ann. der Chem. u. Pharm. CX, 120. — Schunk: Philos. Magaz. (4) XIV, 588; Jahresber. f. Chem. von Liebig und Kopp. 1857, S. 564. — Carter: Edinb. med. Journ. 1859. Aug. p. 119. — E. Rottmann: Arch. de Pharm. Bd. 98. p. 288. — Eade: Arch. of med. I, 311. — Hoppe-Seyler: Arch. f. path. Anat. XXVII, 388. — Derselbe: Handb. der physiol. u. path. chem. Analyse, 3te Aufl., S. 163 bis 165. — Wyss: Arch. f. Heilk. IX, 232. — Jaffé: Arch. f. Physiol. III, 448. — Stokvis: Chem. Centralbl. 1871, S. 36. — Rosenstirn: Arch. f. path. Anat. LXXXVI, 27. — Jaffé: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1872, S. 2. — Masson: Arch. de physiol. norm. 1874. Nr. 6. — Niggeler: Arch. f. experim. Path. 1874. III. 71. — Wolffberg: Deutsch. Arch. f. klin. Med. XV, 408. — Jaffé: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1875, S. 657. — Derselbe: Arch. path. Anat. LXX, 72. — Salkowski: Ber. der deutsch. chem. Gesellschaft IX. 138. 408. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1876, S. 818. — Nencki: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VII. 1593. — Edlefsen: Chem. Centralbl. 1874, S. 508. — E. Baumann: Arch. f. Physiol. XIII, 285.

Harnpigmente.

Die Farbe des Harns ist bekanntlich eine sehr verschiedene. Dieselbe muss von Pigmenten abhängig sein, die jedenfalls unter den sogenannten Harnextractivstoffen aufgesucht werden müssen. Allein bislang sind unsere Kenntnisse über die Harnfarbstoffe äusserst lückenhaft. Es sind zwar zahlreiche Untersuchungen über dieselben angestellt, und Körper sehr verschiedener Natur beschrieben und getauft; allein einerseits stimmen diese Untersuchungen unter sich durchaus nicht überein, und anderseits fehlt überall der Nachweis, dass die nach gewöhnlich sehr umständlichen Methoden gewonnenen Stoffe auch wirklich schon im ursprünglichen Harne präformirt waren; ja die Methode macht nicht selten vielmehr das Gegentheil wahrscheinlicher. Ebensowenig ist der Nachweis geführt, dass die beschriebenen Stoffe chemische Individuen und keine Gemenge sind. Es sind meist schmierige, stets amorphe, dunkel gefärbte Körper, die jedes Versuches sie im chemischen Sinne zu reinigen, spotten.

Das Urobilin haben wir bereits kennen gelernt. Ein constanter Bestandtheil stark tingirter Fieberharne, wurde es von Jaffé auch in normalen Harnen gefunden, häufig aber darin vermisst. Bemerkenswerth aber ist es, dass solche Harne, in welchen Urobilin nicht aufzufinden ist, beim Stehen an der Luft nicht selten dunkler werden, und dann den charakteristischen Absorptionsstreifen des Urobilins mit grosser Schärfe zeigen.

Indigogen. Uroxanthin.

Im menschlichen Harne, sowie in jenem der Säugethiere, besonders reichlich aber im Pferde- und Hundeharn findet sich ein Körper, der bei der Behandlung mit Säuren, und wahrscheinlich auch durch Einwirkung gewisser Fermente sich unter Bildung von Indigblau zersetzt. Man hat denselben mit einem in den Indigo liefernden Pflanzen von Schunck nachgewiesenen: dem Indican, identificirt, aber mit Unrecht, denn das letztere spaltet sich bei der Behandlung mit verdünnten Säuren in Indigblau und Indigglucin: eine süss schmeckende, Fehling'sche Kupferlösung reducirende aber nicht gährungfähige Substanz, während der Indigo liefernde Körper des Harns nach den Versuchen von E. Baumann kein Glykosid, und der bei seiner Zersetzung sich ausscheidende Indigo kein einfaches Spaltungsproduct, sondern, wie auch Jaffé schon angab, das Product der Wirkung eines gleichzeitig entstehenden oxydirenden Körpers ist. Indican der Isatisarten und Indigogen des Harns unterscheiden sich endlich auch darin sehr wesentlich, dass ersteres durch Kochen der alkalischen Lösung sofort zersetzt wird, während letzteres mit Aetzkali gekocht werden kann, ohne Zersetzung zu erleiden. Der von Baumann aus seinen Beobachtungen gezogene Schluss, dass das Indigogen eine organische Sulfonsäure, d. h. eine Verbindung sei, welche den Schwefelsäurerest SO_3H enthalte, ist insoferne nicht zwingend, als es bisher überhaupt noch nicht gelungen ist, den Körper chemisch rein darzustellen, und man ihn nur als hellbraunen, in Wasser und Alkohol leicht löslichen Syrup kennt, so dass die Beobachtung, dass der so erhaltene Körper bei der Behandlung mit Säuren neben Indigo Schwefelsäure liefert, die Frage vorläufig ebenso wenig entscheiden kann, wie die andere Beobachtung Baumann's, wonach nach Einführung von Indol die Menge der gepaarten Schwefelsäuren im Harne unter reichlicher Bildung von Indigogen zunehme.

Jedenfalls ist die Bezeichnung Indican für diesen Körper, die nur zu Missverständnissen führen kann, zu streichen.

Nach allem aber ist das Indigogen identisch mit einem von Fl. Heller als Uroxanthin bezeichneten Harnpigmente.

Vorkommen.

Vorkommen. Indigogen ist als Normalbestandtheil des Harns des Menschen und der Säugethiere anzusehen. Besonders reich an Indigogen ist der menschliche Harn bei Cholera nach dem ersten Anfalle (Wyss), und bei Personen, welche an Leberkrebs, sowie an Morb. Addisonii leiden (Rosenstirn); der Pferdeharn und jener des Hundes enthalten jedenfalls reichlichere Mengen, so der Pferdeharn durchschnittlich 23 mal so viel. Nach Incarceration oder Abschnürung des Darms

enthält der Harn ebenfalls grosse Mengen von Indigogen (Jaffé, Edlefsen). Bei Hunden steigt die Menge des Indigogens bei Fleischnahrung und nach subcutaner Injection von Indol (Jaffé). Ausserdem hat man Indigogen im Schweisse nachgewiesen (Bizio).

Sind geringe Mengen von Indigogen im Harne nachzuweisen, so dienen folgende Methoden:

1) Etwa 10 cbcm des zu prüfenden Harns versetzt man mit dem gleichen Volumen Salzsäure und fügt hierauf tropfenweise eine gesättigte Lösung von Chlorkalk hinzu. Die Mischung färbt sich je nach der vorhandenen Menge des Indigogens roth, violett, grün, blau, lässt aber nach dem Filtriren auf dem Filter stets einen deutlich blauen Anflug zurück (Jaffé).

2) Man erwärmt Harn mit 2 Thln. käuflicher Salpetersäure auf 60° bis 70°, und schüttelt hierauf mit Chloroform. Das Lösungsmittel färbt sich, wenn Indigogen vorhanden war, sehr bald violettblau und zeigt im Spectroskope die charakteristischen Absorptionsstreifen des Indigblaus zwischen den Linien *C* und *D* (Stokvis).

3) In einem Proberöhrchen mischt man 3 bis 4 cbcm stark rauchender Salzsäure mit 30 bis 40 Tropfen des zu prüfenden Harns, oder man erhitzt den Harn nach Zusatz von etwas Salz- oder Salpetersäure zum Kochen. Bei Gegenwart von Indigogen färbt sich die Mischung rothviolett bis intensiv blau (Fl. Heller).

Indigblau: $C_{16}H_{10}N_2O_2$.

Indigblau.

Dunkelblaues, amorphes Pulver, oder feine miskroskopische Kryställchen: sternförmig gruppirte Nadeln. In grösseren Stücken vereinigt, giebt das Indigblau einen kupferrothen Strich. Erhitzt, verflüchtigt es sich in dunkelvioletten Dämpfen und liefert ein Sublimat von purpurfarbigen Krystallblättern mit Kupferglanz. Indigblau ist unlöslich in Wasser, sehr wenig löslich in Alkohol und Aether, löslich aber in Chloroform, in Anilin, Petroleum und in venetianischem Terpentin. Aus der Lösung in venetianischem Terpentin krystallisirt es in prächtigen blauen Tafeln. Auch in Amylalkohol und Terpentinöl ist es löslich. In verdünnten Alkalien und verdünnten Säuren ist es unlöslich. In concentrirter Schwefelsäure löst sich Indigblau schon in der Kälte (Indigosulfonsäure) zur dunkelblauen Flüssigkeit. Diese Lösungen, sowie jene des Indigblaus in Chloroform zeigen vor dem Spectroskope einen scharfen dunklen Absorptionsstreifen zwischen den Linien *C* und *D*, und bei stärkerer Concentration über *D* hinausragend (Hoppe-Seyler, Stokvis). Reines Indigblau löst sich in Aether nicht; behandelt man aber rohen Indigo, wie man ihn durch Spaltung des Indigogens im Harne durch Behandlung des angesäuerten Harns mit Chlorkalk gewinnt, so

erhält man eine dunkle Lösung, welche neben Indigroth auch Indigblau enthält und vor dem Spectroskope den Absorptionsstreifen etwas nach *D* hin verschoben zeigt (Stokvis).

Schüttelt man Indigblau mit Wasser, Natronlauge und etwas Traubenzucker bei Abschluss der Luft, so enthält die Flüssigkeit Indigweiss gelöst. Wie Traubenzucker wirken Eisenvitriol, phosphorige Säure, Harnsäure und faulender Harn. Schüttelt man die gelb gewordene Flüssigkeit mit Luft, so scheidet sich alsbald wieder Indigblau aus. Schüttelt man eine reine alkalische Lösung des Indigblaus mit Luft, so tritt zunächst purpurrothe Färbung auf, und die Flüssigkeit zeigt zwei Absorptionsstreifen, einen sehr breiten und dunklen im Grün zwischen *D* und *E*, und einen schmäleren nicht so dunklen zwischen *E* und *F*. Beide Streifen werden aber schnell schwächer und verschwinden ganz in dem Augenblicke, wo die blaue Färbung mit den ihr eigenthümlichen Streifen eingetreten ist. Das rothe Zwischenproduct kann auch zum Nachweise des Indigogens im Harn verwerthet werden (Stokvis).

Vorkommen.

Vorkommen. Indigblau als solches kommt im Organismus nicht vor. Häufig aber tritt es als Zersetzungsproduct des Indigogens in faulendem Harn auf und scheidet sich dann daraus entweder von selbst als blaues aus mikroskopischen Kryställchen bestehendes Häutchen ab, oder wird nach dem Versetzen derartigen Harns mit Salzsäure oder Salpetersäure mit der Harnsäure gefällt. Auch im Schweisse wurde zweimal Indigo, wahrscheinlich auch hier Spaltungsproduct des Indigogens nachgewiesen (Bizio).

Die als Uroglaucin, Urokyanin und Harnblau beschriebenen Pigmente (Fl. Heller, Al. Martin, Virchow) waren sehr wahrscheinlich mehr oder weniger unreines Indigblau, dessen Lösungsverhältnisse vielleicht durch die Natur der Beimengungen modificirt wurden. Heller's Urrhodin ist möglicher Weise identisch mit dem noch wenig studirten Indigroth. Einen mit diesem möglicher Weise identischen Farbstoff beobachtete Niggeler im Harne von Hunden nach Einverleibung von Isatin.

Aus dem Pferdeharn erhielt Edlefsen durch Behandlung mit Salzsäure in der Kälte einen braunen Farbstoff (Indigbraun?), welcher mit Natronkalk Indol lieferte. Auch aus menschlichem indigogenreichem Harne konnte er ihn gewinnen.

Physiologische Beziehungen der Harnpigmente.

Physiologische Beziehungen der Harnpigmente. Ueber diese werden wir uns schon aus dem Grunde kurz fassen müssen, weil wir von keinem einzigen der verschiedenen Harnfarbstoffe mit Sicherheit wissen, ob er überhaupt als solcher schon im Harne vorkommt. Was die Abstammung des Urobilins anbelangt, so verweisen wir auf S. 199, wo der Beweis geführt ist, dass sich dieser Körper direct vom

Blutfarbstoffe ableite. Was aber die als normale Harnpigmente bezeichneten von Scherer, Harley, Fl. Heller und Thudichum dargestellten Körper betrifft (Uroerythrin, Urohämatin, Melanurin, Urochrom, Uromelanin, Urophaein), so fehlt für sie ein derartiger Beweis, gleichwohl aber ist es nicht unwahrscheinlich, dass sie wenigstens zum Theile vom Hämatin abstammen. Harley namentlich hat den Eisengehalt seines Urohämatins dafür geltend gemacht. Jedenfalls ist aber hervorzuheben, dass auch pathologische Thatsachen dieser Hypothese günstig sind; es zeigt sich nämlich der Harn vorzugsweise reich an Pigment bei Krankheiten der Lungen, der Leber und Milz, also von Organen, die zur Blutbildung in nächster Beziehung stehen, und die Chromaturie fällt häufig zusammen mit einer vermehrten Entleerung von Harnsäure und harnsauren Salzen, also mit Substanzen, welche gleichfalls einer unvollkommenen Zersetzung der Blut- oder Gewebsbestandtheile ihre Entstehung verdanken. So zeigen endlich auch zahlreiche neuere Beobachtungen von dem Auftreten einer transitorischen Albuminurie mit aufgelöstem Hämatin, wie in der That durch die Einwirkung gewisser Substanzen die bedeutendsten Störungen in der Spaltung der Blutbestandtheile eintreten, und Farbstoffe des Blutes in den Harn übergehen können. Von besonderem Interesse ist die Frage nach der Abstammung des Indigogens im Harne. Nachdem die Beobachtung von Jaffé, dass nach Injection von Indol der Indigogengehalt des Harnes bei Thieren erheblich zunimmt, von den verschiedensten Seiten Bestätigung fand (Masson, E. Salkowski, Nencki), lag es nahe, das Indigogen zu dem Indol in genetische Beziehung zu setzen, da wir heute wissen, dass dieser Körper: ein Product der unter Fäulnisserscheinungen verlaufenden Eiweissverdauung durch das Pankreas (Kühne), direct aus Eiweiss erhalten werden kann, endlich im Darminhalte (Leube) und in den Fäces (Radziejewski) enthalten ist. Berücksichtigt man nun weiter, dass nach den Beobachtungen von Jaffé bei allen Krankheitsprocessen, welche eine Unwegsamkeit des Dünndarmes herbeiführen, sich bedeutende Vermehrung des Indigogens des Harns constatiren lässt, was auch von Edlefsen bestätigt wurde, so erscheint es allerdings nicht unwahrscheinlich, dass die Quelle des Indigogens das aus dem Eiweisszerfalle hervorgehende Indol des Darmes sei. Eine andere Frage ist es, ob das Indol des Darmes die einzige Quelle des Indigogens auch unter normalen Verhältnissen ist. Dies muss nach Versuchen von Salkowski, die ergaben, dass auch beim Hunger die Thiere Indigogen ausscheiden, wo demnach das Indol nur von dem Körpereiweiss selbst stammen kann, bezweifelt werden. Dagegen fand letzterer in Uebereinstimmung mit der herrschenden Theorie, dass bei Fütterung eines Hundes mit Leim, welcher nach Nencki bei der Pankreasverdauung so gut wie kein Indol liefert, ausserordentliche Verminderung des Indigogens, und bei Fleischfütterung bedeutende Vermehrung desselben eintrat.

Abstammung des Indigogens im Harne.

Eine Angabe von Wolffberg, der zu Folge beim Menschen nach grossen Dosen Salicylsäure bedeutende Mengen von Indigogen im Harne auftreten sollten, wurde von Jaffé widerlegt.

Indol: $C_{16}H_{14}N_2$.

Literatur: Ad. Baeyer: Ann. der Chem. u. Pharm. CXL, 296. Suppl. VII, 56. — Bopp: Ann. der Chem. u. Pharm. LXIX, 70. — W. Kühne: Arch. f. path. Anat. XXXIX, 165. — Leube: Beitr. zur Kenntniss des Dünndarmsaftes. Habilitationsschrift. Erlangen 1868. — Radziejewski: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1870, S. 43. — Nencki: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. VIII, 336; 722. 1517. IX, 299. — Derselbe: Ueber die Zersetzung der Gelatine und des Eiweisses bei der Fäulniss mit Pankreas. Festschr. Bern 1876. — Kühne: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. VIII, 206. — L. Brieger: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. X. 1027.

Indol.

Dieses Reductionsproduct des Indigos bildet sich auch bei der Fäulniss der Eiweisskörper, bei ihrer Behandlung mit ätzenden Alkalien, namentlich aber bei der fauligen Eiweissverdauung unter Mitwirkung des Pankreas.

Grosse blättrige Krystalle bei + 52° schmelzend, beim Erkalten krystallinisch erstarrend, mit Wasserdämpfen destillirbar, für sich aber nichtflüchtig. Löslich in Wasser, Alkohol und Aether, riecht widerlich fäcalartig. Die wässerige Lösung giebt mit salpetriger Säure, oder einer Spur rauchender Salpetersäure selbst bei starker Verdünnung Rothfärbung. Alkohol und salpetrige Säure giebt tiefrothe Lösung, welche beim Verdunsten rothe nadelförmige Krystalle absetzt. Die alkoholische Lösung des Indols mit Salzsäure versetzt färbt einen Fichtenspahn kirschroth. Verwandelt sich durch activen Sauerstoff in Indigblau.

Vorkommen.

Vorkommen, Abstammung etc. Das Indol ist ein Product der normalen Darmverdauung, welche zum Theil auf Fäulniss der Eiweisskörper, eingeleitet durch geformte Elemente (Bacterien) zurückzuführen ist. Es findet sich daher im Darminhalte (Leube) und in den ätherischen Auszügen der Fäces (Radziejewsky). Brieger konnte jedoch in den menschlichen Excrementen Indol nur spurenweise auffinden. Das wahrscheinliche Verhältniss des Indols zum Indigogen des Harns wurde bereits oben erörtert.

Phenol: $C_6H_6O = C_6H_5OH$.

Literatur: Städeler: Ann. der Chem. u. Pharm. LXXVII, 17. — Buliginsky: Med. chem. Unters. v. Hoppe-Seyler II, 1867. 234. — Lieben: Ann. der Chem. u. Pharm. Suppl. VII, 240. — Landolt: Ber. der deutsch.

chem. Gesellsch. IV, 770. — Hoppe-Seyler: Arch f. Physiol. V, 1872. S. 470. — Almén: N. Jahrber. der Pharm. XXXIV, 111. — E. Salkowski: Arch. f. Physiol. V, 335. — Schultzen u. Naunyn: Arch. f. Anat. u. Phyiol. 1867. Heft 3. — Munk: Arch. f. Physiol. XII, 145. — E. Baumann: ebenda XIII, 285.

Phenol.

Lange, farblose Nadeln, bei + 37·5⁰ schmelzend, bei 182 bis 183⁰ siedend, wenn nicht vollkommen rein bald zu einer röthlichen Flüssigkeit zerfliessend. Riecht eigenthümlich penetrant, schmeckt und wirkt ätzend. Wenig löslich in Wasser, leicht löslich in Alkohol, Aether und Essigsäure. Conservations- und Desinfectionsmittel. Die Lösung coagulirt Eiweiss.

In den Auflösungen des Phenols bewirkt Zusatz von Eisenchlorid blau violette Färbung, die nach einiger Zeit in eine schmutzig weisse Trübung übergeht. Tränkt man einen Fichtenspahn mit einer wässerigen Lösung von Phenol, taucht ihn hierauf einen Augenblick in verdünnte Salzsäure und setzt ihn dem directen Sonnenlichte aus, so färbt er sich bald tiefblau.

Selbst sehr verdünnte Lösungen von Phenol geben bei Gegenwart von Säuren mit Bromwasser bis zur bleibenden Gelbfärbung versetzt eine milchige Trübung, die sich nach einiger Zeit in feine, seidenglänzende Nadeln von Tribromphenol verwandelt.

Vorkommen.

Vorkommen. Phenol wurde von Wöhler im Castoreum nachgewiesen, und ist seither in den Destillaten vorher mit Mineralsäuren angesäuerter oder nicht angesäuerter Harne von Rindern, Pferden und auch Menschen nachgewiesen (Städeler, Lieben, Landolt). Nach den Untersuchungen von Buliginsky und Hoppe-Seyler ist es jedoch in den Harnen nicht präformirt enthalten, sondern bildet sich erst durch Einwirkung von verdünnten Mineralsäuren auf eine in Alkohol unlösliche, durch Bleiessig und Ammoniak nicht fällbare phenolbildende Substanz. Diese letztere aber vermochte Baumann aus den Destillaten des Pferdeharns, sowie aus dem menschlichen Harn von Patienten, die äusserlich mit Phenol behandelt wurden, zu isoliren und als Phenylschwefelsäure, $C_6H_5OSO_3H$, zu erkennen, die im Harne als Salz enthalten, bei der Destillation des durch Mineralsäuren angesäuerten Harns unter Abscheidung von Phenol zersetzt wird.

Abstammung.

Abstammung. Das Auftreten von Phenylschwefelsäure im Harne nach dem äusserlichen und innerlichen Gebrauch von Phenol (Almén, Salkowski) sowie nach Einverleibung von Benzol (Schultzen und Naunyn) setzt die Mitwirkung von schwefelsauren Salzen voraus und ist diese Mitwirkung von Baumann in der That nachgewiesen. Aber die Frage, woher in jenen Fällen, wo weder Phenol noch Benzol dem Organismus einverleibt wurden, die Atomgruppe C_6H_5, die auch dann als Phenylschwefelsäure austritt, stammt, ist unerledigt. Aus dem reich-

lichen Vorkommen der phenolbildenden Substanz im Harne der Pflanzenfresser gegenüber den sehr geringen Mengen, die im Menschen- und Hundeharn vorkommen, könnte man schliessen, dass die Pflanzenfresser in ihrer Nahrung Atomcomplexe aufnehmen, welche den Benzolkern enthalten; welche es aber sind, wissen wir ebenso wenig, wie bei der analogen Frage der Synthese der Hippursäure im Organismus der Pflanzenfresser. Dass übrigens Pflanzennahrung nicht die alleinige Quelle des Phenols sein kann, ergiebt sich einfach daraus, dass auch Phenol im Harne von Thieren gefunden wurde, die längere Zeit nur mit Fleisch gefüttert wurden.

Brenzkatechin: $C_6H_6O_2 = C_6H_4\begin{cases}OH\\OH\end{cases}$.

Literatur: Ebstein u. Müller: Arch. f. path. Anat. LXII, 554. — Dieselben: ebenda LXV, 394. — R. Fleischer: Berl. klin. Wochenschr. 1875. Nr. 39 u. 40. — Munk: Arch. f. Physiol. XII, 145. — Baumann: ebenda XIII, 63 u. XIII, 300.

Brenzkatechin.

Farblose, rhombische Krystalle, vollkommen rein bei 102° schmelzend und bei 240 bis 245° sublimirend. Leicht löslich in Wasser, Alkohol, Aether und Toluol. Seine Lösungen mit etwas Kali oder Natron versetzt, färben sich an der Luft unter Sauerstoffabsorption erst grün, dann grünbraun, braun und endlich fast schwarz. Das Brenzkatechin reducirt Gold-, Silber- und Platinsalze in der Kälte, alkalische Kupferlösungen unter Abscheidung von Kupferoxydul in der Wärme. In seinen Lösungen ruft eine verdünnte Auflösung von Eisenchlorid eine smaragdgrüne Färbung hervor, die auf Zusatz eines Tropfens einer verdünnten Lösung von Natriumbicarbonat in reines Violett übergeht. Setzt man zu einer Flüssigkeit, die nur Spuren von Eisenchlorid enthält, etwas Weinsäure, übersättigt schwach mit Ammoniak, und fügt hierauf eine wässerige Brenzkatechinlösung hinzu, so tritt violette Färbung auf, die auf Zusatz von Essigsäure in Grün, von Ammoniak wieder in Violett übergeht. Bleiacetat fällt Brenzkatechin vollständig aus neutralen Lösungen.

Vorkommen.

Vorkommen, Abstammung etc. Ebstein und Müller beobachteten einen bedeutenden Brenzkatechingehalt im Harne eines Kindes. Baumann wies später nach, dass dasselbe ein, wenn nicht constanter, so doch sehr häufiger Bestandtheil des menschlichen Harns sei, und im Pferdeharn constant enthalten ist und zwar theils im freien Zustande, theils in Form einer Verbindung, die sich gegen starke Säuren wie die phenolbildende Substanz verhält (s. o.), demnach wahrscheinlich eine gepaarte Schwefelsäure ist. Die Identität eines von Fleischer nach Einverleibung von Salicylsäure im Harne aufgefundenen, und von ihm als

Brenzkatechin angesprochenen Körpers erscheint mindestens zweifelhaft. Ueber Abstammung des Brenzkatechins im Organismus herrscht völliges Dunkel. Seit übrigens Hoppe-Seyler nachgewiesen, dass beim Erhitzen von Kohlehydraten mit Wasser unter starkem Drucke, sowie bei ihrer Behandlung mit Alkalien, Brenzkatechin entstehe, hat sich der Kreis derjenigen Atomcomplexe, aus denen möglicher Weise Brenzkatechin im Organismus entstehen kann, beträchtlich erweitert.

Excretin: $C_{20}H_{36}O$.

W. Marcet: Arch. of med. I, 98. — Derselbe: Journ. of the chem. soc. 1862, p. 407. — Fr. Hinterberger: Ann. der Chem. u. Pharm. Bd. CLXVI, 213.

Excretin.

Farblose, seideglänzende Krystallnadeln, unlöslich in kaltem und heissem Wasser, sich in kochendem Wasser in eine weiche, gelbe, harzartige Masse verwandelnd. Kaum löslich in kaltem, leicht in siedendem Alkohol, ebenso in Aether. Aehnlich dem Cholesterin auch in Galle löslich. Die Auflösungen sind vollkommen neutral. Die Krystalle schmelzen bei 92⁰ bis 96⁰ C. und werden beim Erkalten nicht wieder krystallinisch, sondern harzartig. Auf Platinblech erhitzt, schmilzt es, entwickelt einen eigenthümlichen, aromatischen Geruch und verbrennt endlich vollständig. Von kaustischen Alkalien wird es nicht aufgelöst, ebenso wenig von verdünnten Mineralsäuren; von siedender Salpetersäure wird es unter Entwickelung rother Dämpfe zersetzt.

Der von Marcet constatirte Schwefelgehalt seines Excretins, welchem er die Formel $C_{78}H_{156}SO_2$ gab, wurde von Hinterberger als Verunreinigung erkannt.

Vorkommen.

Vorkommen. Das Excretin wurde von Marcet in den menschlichen Excrementen Erwachsener aufgefunden und dieses Vorkommen durch Hinterberger bestätigt; es scheint sehr schwierig zersetzbar zu sein, da es auch in solchen noch nachgewiesen werden konnte, welche mit Urin gemengt längere Zeit sich selbst überlassen gewesen waren. Bei Kindern fand sich in den Fäces Cholesterin. Dagegen war es in den Excrementen von Thieren nicht zu entdecken. Die Darstellung ist eine sehr umständliche und seine Menge in den Excrementen sehr gering.

Es muss weiteren eingehenderen Untersuchungen vorbehalten bleiben, entscheidende Beweise für die chemische Natur des Excretins beizubringen; die bis jetzt bekannten Eigenschaften lassen es als einen einerseits den Fettsäuren, und anderseits dem Cholesterin mehrfach ähnlichen, aber in seiner Zusammensetzung davon wieder wesentlich verschiedenen Körper erscheinen.

Auch von seinen physiologischen Beziehungen wird erst dann die Rede sein können, wenn es näher studirt ist; sein Vorkommen in den Excrementen spricht jedenfalls für seine Natur als Auswurfsstoff.

Physiologische Beziehungen.

Stickstofffreie organische Säuren.

Flüchtige Säuren der Formel $C_nH_{2n}O_2$.

Literatur zu den flüchtigen Fettsäuren: Fr. Will: Froriep's Notizen Bd. VII, 141. — Schottin: De sudore. Dissert. Lipsiae 1851. — H. Ranke: Journ. f. prakt. Chem. LVI, 17. — J. Scherer: Verhandl. der phys. med. Gesellsch. in Würzb. II, 321. VII, 123. — Derselbe: Ann. der Chem. u. Pharm. LXIX, 196. — Siegmund: Verhandl. d. phys. med. Gesellsch. zu Würzb. III, 50. — E. v. Bibra: Vergl. Untersuch. über das Gehirn. 1854. — v. Gorup-Besanez: Ann. der Chem. u. Pharm. XCVIII, 26. — W. Müller: ebenda CIII, 150. — Bouchardat u. Sandras: Ann. de Chim. et de Physiol. 3. Sér. T. XXI, 448. — Frerichs: Handwörterb. der Physiol. Bd. III, Abth. 3, S. 808. 853. — Neubauer: Ann. der Chem. u. Pharm. XLVII, 129. — Klinger: ebenda CVI, 18. — C. Schmidt: Arch. f. physiol. Heilk. XIII, 172. — Hermann: Poggendorff's Ann. XXII, 169. — Pelouze: Compt. rend. XLIII, 123. — Freŗichs: Wiener med. Wochenschr. 1854. Nr. 30. — Matteucci: Ann. de Chim. et de Physiol. 1853. LII, 137. — Sczelkow: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1864, S. 672. — Bopp: Ann. der Chem. u. Pharm. LXIX, 35. — Nencki: Ueber die Zersetzung der Gelatine und des Eiweisses bei der Fäulniss mit Pankreas. Bern 1876, S. 28.

Ameisensäure: $CH_2O_2 = \begin{matrix} H \\ | \\ CO(OH) \end{matrix}$.

Im concentrirten Zustande farblose, schwach rauchende, eigenthümlich stechend riechende Flüssigkeit, unter 0° C. krystallisirend, bei 100° C. siedend. In Dampfform brennbar, höchst ätzend und auf der Haut blasenziehend, mit Wasser mischbar. In verdünntem Zustande angenehm sauer schmeckend.

Ameisensäure.

Die Salze der Ameisensäure mit Alkalien sind zerfliesslich, alle Salze überhaupt in Wasser löslich. In den Auflösungen ameisensaurer Salze erzeugt Eisenchlorid eine blutrothe Färbung, Silbernitrat einen weissen Niederschlag, der sich beim Erhitzen durch Reduction schwärzt, Mercuronitrat einen weissen, beim Erhitzen unter Reduction sich grau färbenden, Quecksilberchlorid beim Erwärmen einen weissen Niederschlag von Quecksilberchlorür.

Wird Ameisensäure oder ein ameisensaures Salz mit concentrirter Schwefelsäure erwärmt, so zerfällt die Ameisensäure in Kohlenoxyd

und Wasser. — Ameisensaure Salze mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, entwickeln den charakteristischen Geruch der Ameisensäure; setzt man vorher etwas Alkohol zu, so entwickelt sich der punschähnlich riechende Ameisenester.

Vorkommen.

Vorkommen. Zum Theil frei, zum Theil an Basen gebunden, wurde die Ameisensäure im Thierreiche nachgewiesen: in den Ameisen, in den Giftorganen und Brennstacheln gewisser Insecten, in den Brennhaaren der Processionsraupe, ferner im Schweisse, im Safte der Milz, des Pankreas, der Thymusdrüse, im Muskelsafte, im Gehirn, im Blute bei Leukämie und im Harne.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Die Ameisensäure ist jedenfalls da wo sie vorkommt, in Lösung enthalten, wie sich schon aus dem Umstande, dass sie nicht allein im freien Zustande in Wasser sich in allen Verhältnissen löst, sondern auch aus der Löslichkeit aller ihrer Salze in Wasser von selbst ergiebt. Wo sie übrigens frei und wo sie gebunden vorkommt, ist nicht immer mit Sicherheit zu entscheiden, da die zu ihrem Nachweise eingeschlagenen Methoden häufig solche waren, die wohl geeignet schienen, die Frage zu erledigen, ob überhaupt Ameisensäure aus den betreffenden Untersuchungsobjecten gewonnen werden konnte, nicht aber ob sie ursprünglich darin als freie Ameisensäure enthalten gewesen war. Es kann als ausgemacht gelten, dass die in den Giftorganen und Brennstacheln niederer Thiere nachgewiesene Ameisensäure darin als freie Säure auftritt; dagegen ist es mindestens sehr wahrscheinlich, dass die in den Geweben gefundene an Basen gebunden ist; da, wo in diesen Säften Alkali vorwaltet, kann von freier Ameisensäure ohnehin nicht die Rede sein; in dem sauer reagirenden Schweisse könnte allerdings die Ameisensäure als freie Ameisensäure gedacht werden, doch fehlt es an entscheidenden Beobachtungen.

Abstammung.

Abstammung. Wenn wir über die Frage nach der Abstammung der Ameisensäure in Erörterung eintreten, so ist zuvor Zweierlei zu bemerken: einmal, dass wir dabei nur die Ernährungsverhältnisse der höheren Thierclassen, über welche allein genauere Bebachtungen vorliegen, im Auge haben und dann, dass so ziemlich Alles, was wir über diese Frage beizubringen vermögen, auch auf die übrigen flüchtigen Säuren der homologen Reihe Bezug hat, so dass wir ein- für allemal die diese Säuren betreffenden Fragen zu erledigen suchen werden. Die genetischen Beziehungen der Ameisensäure, welche uns die Chemie an die Hand giebt, sind bei der Beantwortung dieser Fragen allerdings von Wichtigkeit, allein sie reichen nicht zu einer definitiven Erledigung derselben hin. Sie lehren, dass die Ameisensäure ein sehr allgemeines Oxydationsproduct organischer Körper ist, sie lehren namentlich, dass diese Säure bei der Oxydation der Albuminstoffe, der Albuminoide, des Glycins,

des Zuckers und anderer Kohlehydrate mit energischen Oxydationsmitteln, wie Chromsäure oder Superoxyden, bei der Behandlung der Fette und fetten Säuren mit Salpetersäure entstehe, dass sie endlich auch ein Product der Einwirkung des Ozons auf Glycerin, Fette, fettsaure Salze, hippursaure Salze, Essigsäure und Zucker bei Gegenwart freien Alkalis sei (Gorup-Besanez). Demnach könnte man die im Thierorganismus auftretende Ameisensäure, eines der Endproducte der regressiven Stoffmetamorphose, ableiten von den Albuminstoffen oder Albuminoiden, überhaupt von den stickstoffhaltigen Gewebsbestandtheilen und ihren absteigenden Derivaten, oder von den stickstofffreien Gewebsbestandtheilen: von den Fetten, oder endlich von beiden zugleich. Wenn man den Umstand ins Auge fasst, dass die Chemie eine Bildung dieser Säure ebensowohl durch Oxydation von Albuminstoffen wie von Fetten und Fettsäuren wirklich nachweist, und sie überhaupt als ein sehr allgemeines Oxydationsproduct organischer Körper auftritt, so erscheint es noch am Wahrscheinlichsten, dass ihre Gegenwart im Thierkörper ebenfalls auf beide Quellen zurückgeführt werden muss, und dass sie als eines der Producte der allmählichen Spaltung ebensowohl der stickstoffhaltigen, wie der stickstofffreien Bestandtheile des Thierkörpers zu betrachten ist. Es ist aber besonderer Erwähnung werth, dass bisher diese Säure ebensowohl wie die flüchtigen Säuren der Reihe überhaupt, wenn wir von ihrem Vorkommen im Schweisse und Blute bei Leukämie absehen, hauptsächlich in einigen Drüsensäften neben Leucin nachgewiesen wurden, welches wie bekannt, sehr leicht in flüchtige Fettsäuren und Ammoniak verwandelt wird (Bopp), und in der That hat man in einigen dieser Drüsensäfte ziemlich viel Ammoniak nachgewiesen. Es wäre daher sehr wohl möglich, dass ein Theil der flüchtigen Fettsäuren (Valeriansäure und Buttersäure) aus dem Leucin hervorginge, das diese beiden Säuren bei der Fäulniss mit Pankreas in der That liefert (Nencki). Ob die eigentlichen Fettsäuren, namentlich die Oelsäure, im Organismus durch Oxydation in flüchtige Säuren, Ameisensäure etc., übergehen können, wie es ausserhalb des Organismus durch energische Oxydationsmittel geschieht, muss dahin getellt bleiben, doch sind meine Erfahrungen über die Oxydation der Fettsäuren in alkalischer Lösung durch Ozon dieser Ansicht wenig günstig.

Verwandlungen und Austritt.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Wenn wir nicht annehmen wollen, dass die im Schweisse austretenden flüchtigen Fettsäuren und die zuweilen mit dem Harn entleerten die Gesammtmenge der im Organismus gebildeten und namentlich in den Drüsensäften angehäuften darstellen, so müssen dieselben allerdings eine wenigstens theilweise Umwandlung erleiden. Ihr chemisches Verhalten lässt nicht bezweifeln, welcher Art in diesem Falle ihre Verwandlungen sein werden. Die höheren Glieder, wie Valeriansäure, Buttersäure, werden in die niederen Glieder übergehen, wie Essigsäure und Ameisensäure, und endlich

als Kohlensäure und Wasser austreten. Dafür spricht auch die von mir gemachte Beobachtung, dass Ameisensäure in alkalischer Lösung durch Ozon allmählich zu Kohlensäure oxydirt wird.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Wir vermögen nach den vorliegenden Thatsachen der Ameisensäure und den flüchtigen Säuren der Reihe überhaupt, keine andere physiologische Bedeutung zuzuerkennen, wie die von Endproducten der regressiven Stoffmetamorphose.

$$\text{Essigsäure: } C_2H_4O_2 = \begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CO(OH) \end{array}.$$

Essigsäure.

Im concentrirten Zustande farblose, durchdringend und angenehm sauer riechende, scharf sauer schmeckende ätzende Flüssigkeit von 1·063 specif. Gew. und 119° C. Siedepunkt. Ist entzündlich, brennt mit blauer Flamme, krystallisirt bei + 5° C. Ueber + 16° C. ist sie flüssig. Mit Wasser in allen Verhältnissen mischbar. Verdünnt besitzt sie die Eigenschaften des Essigs.

Die essigsauren Salze sind krystallisirbar und meist in Wasser und Weingeist löslich. Beim Glühen werden sie zerlegt. Die mit alkalischer oder alkalisch-erdiger Basis verwandeln sich dabei in kohlensaure Salze. Von jenen mit metallischer Basis lassen einige Metall, andere Oxyd zurück. Mit starken Basen destillirt, liefern sie Aceton.

Gegen Eisenchlorid verhalten sich die essigsauren Salze wie die ameisensauren.

Silbernitrat bewirkt in den Lösungen neutraler essigsaurer Salze einen weissen krystallinischen Niederschlag von Silberacetat der in heissem Wasser ohne Reduction löslich ist und sich beim Erkalten wieder krystallinisch absetzt. Ammoniak nimmt ihn leicht auf. Mercuronitrat bewirkt in verdünnten Lösungen essigsaurer Salze anfangs keinen Niederschlag, nach kurzer Zeit aber bilden sich kleine Krystallflimmerchen von fettglänzendem Ansehen: Mercuroacetat. Dasselbe ist in kochendem Wasser löslich, scheidet sich aber beim Erkalten wieder aus. Durch längeres Kochen wird das Salz theilweise zersetzt und das ausgeschiedene metallische Quecksilber ertheilt dem Niederschlag eine graue Färbung.

Erwärmt man essigsaure Salze mit verdünnter Schwefelsäure, so entwickelt sich Essigsäure, an ihrem Geruch erkennbar. Erhitzt man die Salze aber mit einem Gemenge von gleichen Gewichtstheilen concentrirter Schwefelsäure und Alkohol, so entwickelt sich Essigester.

Vorkommen.

Vorkommen. Die Essigsäure, grösstentheils an Basen gebunden, zum Theil aber wohl auch frei, wurde bisher nachgewiesen: im Schweisse, im Safte der Milz, im Safte anderer Drüsen, im Muskelsafte, im Blute Leukämischer. Auch im Blute von Thieren, welche mit Branntwein ge-

tränktes Futter erhalten hatten, wurde Essigsäure nachgewiesen; ebenso zuweilen im Magen nach dem Genusse zucker- oder stärkemehlhaltiger Substanzen und unter denselben Verhältnissen auch im Erbrochenen.

Physiologische Beziehungen.

Von den physiologischen Beziehungen der Essigsäure gilt alles bei der Ameisensäure Gesagte.

$$\text{Propionsäure:}\quad C_3H_6O_2 = \begin{matrix} C_2H_5 \\ | \\ CO(OH) \end{matrix}.$$

Propionsäure.

Die concentrirteste Säure ist eine ölige, farblose Flüssigkeit, welche bei niederer Temperatur in Blättern krystallisirt und bei 138° bis 140° C. siedet. Sie riecht eigenthümlich, an Buttersäure und Essigsäure zugleich erinnernd und schmeckt brennend. In Wasser ist sie leicht löslich, bei überschüssiger Säure scheidet sich aber auf dem Wasser ein Theil in öligen Tropfen ab.

Mit Basen bildet die Propionsäure in Wasser lösliche und grösstentheils krystallisirbare Salze, die beim Erwärmen mit Schwefelsäure den Geruch der Säure entwickeln.

Silbernitrat erzeugt in concentrirten Lösungen der propionsauren Alkalien einen weissen Niederschlag von Silberpropionat welcher in kochendem Wasser unter Reduction von etwas Silber, sonach unter Schwärzung löslich ist und beim Erkalten der Lösung in weissen, glänzenden schweren Körnern (unter dem Mikroskope Drusen von Nadeln) krystallisirt. Baryumpropionat ist in Wasser leicht löslich und krystallisirt in kleinen Rectanguläroctaedern, oder rechtwinkligen Prismen mit schiefen Endflächen.

Vorkommen.

Vorkommen. Die Propionsäure ist bis jetzt als Bestandtheil thierischer Organismen noch nicht mit voller Sicherheit aufgefunden, doch ist es wahrscheinlich, dass sie neben Buttersäure namentlich in gewissen Drüsensäften und im Blute bei Leukämie (Gorup-Besanez) auftritt. Es sprechen dafür auch ihre künstlichen Bildungsweisen durch Oxydation der Albuminstoffe, der Oelsäure, des Glycerins. Ich habe namentlich auch nachgewiesen, dass Propionsäure ein Product der Oxydation des Glycerins durch Ozon in alkalischer Lösung ist. Doch liegen auch Angaben über ihr Vorkommen im Schweisse (Schottin), im Magensafte (C. Schmidt) und im Erbrochenen bei der Cholera (Hermann) vor. Im vergohrenen diabetischen Harne wurde sie ebenfalls nachgewiesen (Klinger).

Physiologische Beziehungen.

Von ihren physiologischen Beziehungen gelten alle bei der Essigsäure bereits gegebenen Erörterungen.

$$\text{Buttersäure: } C_4H_8O_2 = \begin{array}{l} C_3H_7 \\ | \\ CO(OH) \end{array}.$$

Buttersäure.

Die normale (Gährungs-) Buttersäure ist im concentrirten Zustande eine ölartige, farblose, stark nach ranziger Butter riechende Flüssigkeit von beissendem Geschmack, von 0·97 specif. Gew. und 157⁰ C. Siedepunkt. Wird selbst bei — 20⁰ C. noch nicht fest. Verbrennt mit blauer Flamme. In Wasser, Alkohol und Aether löslich.

Die Verbindungen der Buttersäure mit Alkalien sind zerfliesslich und nicht krystallisirbar; die Verbindungen mit schweren Metallen verlieren beim Erwärmen einen Theil ihrer Säure und besitzen schon bei gewöhnlicher Temperatur den Geruch der Buttersäure. Beim Erhitzen verwandeln sie sich wie die vorhergehenden entweder in kohlensaure Salze oder in Oxyd und Metall.

Silbernitrat erzeugt in concentrirten Lösungen buttersaurer Alkalien einen weissgelblichen krystallinischen Niederschlag von Silberbutyrat. Dasselbe bildet perlmutterglänzende Blättchen, in kaltem Wasser fast unlöslich. Beim Erhitzen lässt es metallisches Silber zurück. Kupfersulfat erzeugt in der Lösung buttersaurer Salze einen blaugrünen Niederschlag von Kupferbutyrat, Mercuronitrat einen aus glänzenden Schüppchen bestehenden Niederschlag. In kochendem Wasser gelöst, krystallisirt er beim Erkalten in bläulichgrünen Prismen.

Wird Buttersäure mit Barytwasser gesättigt und die Lösung der freiwilligen Verdunstung überlassen, so scheidet sich Baryumbutyrat in langen, abgeplatteten, vollkommen durchsichtigen Prismen oder auch wohl in körnigen warzigen Gruppen aus. (Funke's Atl. 2te Aufl. Taf. II, Fig. 2.) Das Salz ist in Wasser leicht löslich; auf Wasser in kleinen Stückchen geworfen bewegt es sich wie der Campher mit grosser Geschwindigkeit. Erwärmt man ein buttersaures Salz mit Schwefelsäure, so entwickelt sich Buttersäure, erkennbar durch ihren eigenthümlichen Geruch.

Vorkommen.

Vorkommen. Buttersäure wurde bisher im Thierkörper aufgefunden und zwar meist wohl an Basen gebunden, etwa den Schweiss ausgenommen: im Schweisse, im Muskelsafte, im Safte der Milz und anderer Drüsen, im Harne (selten), ferner im Inhalte des Magens und in den bei Verdauungsstörungen erbrochenen Massen, im Inhalte des Cöcums und Colons und in den festen Excrementen nach dem Genusse vegetabilischer Nahrungsmittel, endlich in dem übelriechenden Safte, welchen viele Laufkäfer: Arten der Gattung *Carabus* wenn man sie reizt, aus einer am After liegenden Drüse ejaculiren. Dagegen ist sie im Blute noch nicht mit voller Bestimmtheit nachgewiesen. Die im Thierkösper nachgewiesene Buttersäure ist zuweilen normale, zuweilen aber Isobuttersäure.

Physiologische Beziehungen.

Auch bezüglich der physiologischen Beziehungen der Buttersäure kann zum grössten Theile auf die bei der Ameisensäure gegebenen Erörterungen verwiesen, doch muss dem dort Gesagten bezüglich der Abstammung der Buttersäure eine gewisse Einschränkung gegeben werden, insoferne es sich nämlich um ihr Vorkommen in den ersten Wegen handelt. Es leuchtet von selbst ein, dass wir flüchtige Säuren dieser Reihe, die wir in den ersten Wegen finden, nicht nothwendig auf den Umsatz von Gewebsbestandtheilen, sondern viel eher auf den Umsatz der genossenen Nahrungsmittel zurückzuführen haben, um so mehr als sie sich in den ersten Wegen besonders reichlich nach dem Genusse stärkemehl- oder zuckerhaltiger Nahrung finden, und als die Vorgänge im Darme zum guten Theil fermentative zur Butter- und Milchsäuregährung führende sind. Bezüglich des Vorkommens der Buttersäure in dem Safte der Analdrüsen von *Carabus* macht Pelouze darauf aufmerksam, dass diese Thiere vorzugsweise von animalischer Nahrung leben.

$$\text{Valeriansäure: } C_5H_{10}O_2 = \begin{array}{l} C_4H_9 \\ | \\ CO(OH) \end{array}.$$

Valeriansäure.

Die gewöhnliche Valeriansäure (Isopropylessigsäure) ist eine farblose ölige Flüssigkeit von durchdringend käseartigem Geruch und scharfem, brennendem Geschmack. Auf Papier gebracht macht sie Oelflecken, welche in der Wärme wieder vollständig verschwinden. Sie ist im concentrirtesten Zustande entzündlich, in Weingeist und Aether in allen Verhältnissen löslich, in Wasser jedoch schwieriger; sie bedarf 30 Theile Wasser zur Auflösung. Sie siedet bei 175^0 C. und erstarrt noch nicht bei — 15^{0}C.

Die Verbindungen der Valeriansäure mit Alkalien sind auflöslich und nicht krystallisirbar, die meisten übrigen Salze krystallisiren in perlmutterglänzenden, dem Cholesterin oder der Borsäure ähnlichen Schüppchen, alle schmecken und riechen baldrianartig. In höherer Temperatur verhalten sie sich ähnlich wie die Salze der vorhergehenden Säuren. Das Kaliumsalz giebt anfangs reine Valeriansäure aus, das Calciumsalz giebt mit Calciumhydrat destillirt Valeron, während kohlensaures Calcium zurückbleibt. Baryumvalerianat krystallisirt in durchsichtigen Prismen, welche bei 20 und 25^0 C. verwittern, oder häufiger in cholesterinähnlichen Blättern; es ist leicht löslich in Wasser, aber schwer in Weingeist. Silbervalerianat erhält man, wenn mässig concentrirte Lösungen von Ammoniumvalerianat und Silbernitrat mit einander gemischt werden. Es krystallisirt in feinen silberglänzenden Blättchen und ist sehr schwer löslich.

Erwärmt man ein valeriansaures Salz mit Schwefelsäure, so entwickelt sich Valeriansäure mit dem ihr eigenthümlichen stechenden Geruch.

Vorkommen.

Vorkommen. Die Valeriansäure ist bisher mit Sicherheit unter physiologischen Verhältnissen im Thierkörper nicht aufgefunden; Frerichs wies aber Valeriansäure, welche von den verschiedenen Isomeren ist nicht ermittelt, im Harne bei Typhus, Variola und acuter Leberatrophie nach. Sie entsteht in reichlicher Menge bei der Fäulniss des Leucins mit Pankreas, wird aber im weiteren Verlaufe dieses Vorganges durch die Bacterien zu (normaler) Buttersäure oxydirt (Nencki).

Die im flüssigen Fette einiger Delphinusarten, namentlich *Delphinus globiceps* vorkommende Valeriansäure scheint einer ranzigen Zersetzung dieses Fettes ihren Ursprung zu verdanken.

Physiologische Beziehungen.

Von den physiologischen Beziehungen der Valeriansäure kann nach dem Angeführten nicht wohl die Rede sein. Sollte sie als ein normaler Bestandtheil des Thierorganismus später noch nachgewiesen werden, so würde von ihr nahezu dasselbe gelten, was von den übrigen Säuren der Reihe ebensowohl in Bezug auf Abstammung als auf physiologische Bedeutung gilt.

Vorkommen.

Von den höheren Gliedern der Reihe der flüchtigen Fettsäuren: Capronsäure: $C_6H_{12}O_2$, Caprylsäure: $C_8H_{16}O_2$, und Caprinsäure: $C_{10}H_{20}O_2$, ist bis nun keine im Thierkörper mit Sicherheit präformirt nachgewiesen worden, allein es ist nicht unwahrscheinlich, dass sehr geringe Mengen derselben ebensowohl im Schweisse als auch im Blute vorkommen. Dafür spricht, dass der Schweiss zuweilen einen dem dieser Säuren auffallend ähnlichen Geruch zeigt, dass auch das Blut gewisser Säugethiere bei dem Erwärmen mit Schwefelsäure einen ähnlichen Geruch entwickelt, und dass endlich bei der Oxydation der Fette und der Seifen durch Ozon in alkalischer Lösung geringe Mengen einer öligen, in Wasser schwer löslichen und nach Capronsäure riechenden Säure gebildet werden.

Weitere stickstofffreie organische Säuren.

Benzoësäure: $C_7H_6O_2 = C_6H_5\{CO(OH)$.

Literatur: Wöhler: Berzelius' Lehrb. 4. Aufl. IV, 376. — Ure: Journ. der Pharm. XXVII, 646. — Keller: Ann. der Chem. u. Pharm. XLIII, 198. — Schwarz: daselbst LIV, 32. — Garrod: Phil. Mag. J. XX, 501. — Marchand: Journ. f. prakt. Chem. XXXV, 304. — Shepard:

Zeitschr. f. rat. Med. XXXI, 216. — Seligsohn: De pigmentis pathologicis ac morbo Addisoni adjecta chemia glandularum suprarenalium Dissertatio. Berol. 1858.

Im sublimirten Zustande erscheint die Benzoësäure in farblosen, glänzenden, feinen biegsamen Nadeln, auf nassem Wege krystallisirt in Schuppen. Beim Erkalten wässeriger Lösungen erhält man immer Krystalle, die sich unter dem Mikroskop als dendritisch aneinandergereihte, auch wohl übereinanderliegende Tafeln mit Winkeln von genau 90° ausweisen; selten findet man einen Winkel abgestumpft, dann aber gerade, so dass beide Winkel = 135°.

Benzoësäure.

Funke: Atl. 2te Ausg. Taf. II, Fig. 6.

Bis auf 240° C. erhitzt, verflüchtigt sie sich ohne Zersetzung in weissen Dämpfen, die ein eigenthümliches Kratzen im Schlunde und Hustenreiz veranlassen, und sich an kältere Körper in Gestalt von feinen langen Nadeln anlegen. Die Benzoësäure ist in kaltem Wasser sehr schwer löslich, von heissem Wasser und Alkohol wird sie ziemlich leicht aufgenommen, ebenso von Aether. Sie ist geruchlos, schmeckt scharf, erwärmend und röthet in ihren Lösungen blaue Pflanzenpapiere. Angezündet brennt sie wie Fett mit leuchtender russender Flamme.

Innerlich gebraucht verwandelt sie sich im Organismus des Menschen und der Säugethiere (nicht in jenem der Vögel, Shepard) in Hippursäure und findet sich als solche im Harne wieder. Nitrobenzoësäure verwandelt sich unter gleichen Verhältnissen in Nitrohippursäure (Wöhler Ure, Keller, Schwarz, Marchand).

Die Benzoësäure bildet mit den meisten Metallen in Wasser lösliche Salze, nur mit denjenigen, welche schwache Basen sind, vereinigt sie sich zu unlöslichen oder schwerlöslichen Verbindungen. Die benzoësauren Alkalien sind in Alkohol löslich. Eisenchlorid bewirkt in der Auflösung benzoësaurer Alkalien einen bräunlichgelben Niederschlag von Ferribenzoat, welcher von Ammoniak in der Art zersetzt wird, dass sich Eisenhydroöxyd abscheidet und sich Ammoniumbenzoat aufgelöst findet. Stärkere Säuren scheiden aus dem Ferribenzoat Benzoësäure aus. Starke Säuren scheiden aus den Lösungen benzoësaurer Salze überhaupt Benzoësäure in Gestalt krystallinischer, glänzender, weisser Schüppchen aus. Essigsaures Blei schlägt freie Benzoësäure und Ammoniumbenzoat nicht, oder wenigstens nicht sogleich, benzoësaure Salze mit fixer alkalischer Basis aber flockig weiss nieder.

Bringt man zu einer Mischung von Weingeist, Ammoniak und Chlorbariumlösung freie oder an ein Alkali gebundene Benzoësäure, so entsteht kein Niederschlag.

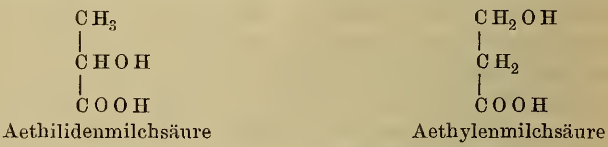
Vorkommen. Präformirt scheint Benzoësäure im Organismus nicht vorzukommen; denn da, wo man sie gefunden hat, im faulen Pferdeharne, im menschlichen Harne, im Smegma Praeputii, im Schweisse ist

Vorkommen.

sie entweder durch Zersetzung der Hippursäure entstanden, oder sie wurde von aussen eingeführt. Nach sehr reichlichem innerlichen Gebrauche von Benzoësäure geht auch wohl ein Theil unverändert in den Harn über. Das in neuerer Zeit beobachtete Vorkommen von Benzoësäure in den Nebennieren dürfte wohl auch auf ursprünglich vorhanden gewesene Hippursäure zurückzuführen sein, um so mehr, da in diesem Organe schon früher Hippursäure nachgewiesen wurde. Ueber die mögliche Abstammung der Benzoësäure vergleiche man das über die Bildung und Abstammung der Hippursäure Gesagte.

Milchsäuren: $C_3H_6O_3$.

Säuren dieser Formel sind vier bekannt, nämlich a) Gährungs- oder Aethylidenmilchsäure, b) Paramilchsäure, c) Aethylenmilchsäure (früher als Fleischmilchsäure bezeichnet), und d) Hydracrylsäure. Letztere Säure ist im Thierorganismus bisher nicht aufgefunden und kommt daher nicht in Betracht. Die Structur der Paramilchsäure ist noch unsicher, jene der Aethiliden- und der Aethylenmilchsäure wird durch nachstehende Formeln zum Ausdruck gebracht.



Aethilidenmilchsäure — Aethylenmilchsäure

Letzere ist noch sehr wenig studirt.

Literatur: Liebig: Ann. der Chem. u. Pharm. LXII, 326. — Engelhardt u. Maddrel: Daselbst LXIII, 83. — Engelhardt: Daselbst LXV, 359. — Heintz: Poggend. Ann. LXXV, 391. — Strecker: Ann. der Chem. u. Pharm. LXXV, 27. XCI, 352. — Wislicenus: Daselbst CXXVIII, 1. — Erlenmeyer: Ann. der Chem. u. Pharm. CLVIII, 262. — Wislicenus: daselbst CLXVII, 302. 346. — Lehmann: Lehrb. der physiol. Chem. 2te Aufl. Bd. I. und II. — Berzelius: Lehrb. der Chem. 4te Aufl. Bd. IX, 573. — Bernard u. Barreswil: Journ. de Pharm. et de Chim. 1845. Janvier, p. 49. — Pelouze, Compt. rend. XIX, p. 1227. — Heintz: Jenaische Annalen. 1849, S. 222. — Lehmann: Journ. f. prakt. Chem. XXV, 1. XXVII, 257. — Derselbe: Ber. der k. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig. I, 100. — C. Schmidt: Ann. der Chem. u. Pharm. LXI, 302. — J. Scherer: Verhandl. der phys. med. Gesellsch. zu Würzburg. II, 321. VII, 123. — v. Bibra: Vergl. Unters. über das Gehirn. 1854, S. 63. — v. Gorup-Besanez: Ann. der Chem. u. Pharm. XCVIII, 33. — W. Müller: Ebenda CIII, 152. — Dubois-Reymond: De fibrae muscular. reactione ut chemicis visa est acida. Berol. 1859. Monatsber. der Berliner Akad. 1859, 288. — J. v. Liebig: Ann. der Chem. u. Pharm. CXI, 357. — Dubois-Reymond: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859. S. 846. — Kühne: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859, S. 564. 748. — Heynsius: Nederl. Tijdschr. vor Geneesk. 1860. — O. Funke: Arch. f. Anat. u.

Physiol. 1859, S. 835. — M. Schultze: Zur Kenntniss der elektr. Organe der Fische. Halle 1859. — E. Harless: Sitzungsber. der Münchener Akad. 1860, S. 93. — Borsczczow: Würzburger naturwissensch. Zeitschr. II, 65. — Folwarczny: Wochenbl. der Zeitschr. der k. k. Gesellsch. der Aerzte in Wien. 1862. Nr. 4. — J. Ranke: Tetanus. Eine physiol. Studie. 1865, S. 142. — Jacubasch: Arch. f. path. Anat. XLIII, 196. — Simon u. Wibel: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. IV, 139. — Schultzen: Zeitschr. f. Chem. 1867, S. 138. — Weber: Arch. f. path. Anat. XXXVIII, 1. — Jacobsen: Ann. der Chem. u. Pharm. CLVIII, 353. — Schultzen u. Riess: Ann. d. Charité-Krankenhauses XV. — Wislicenus: Ann. der Chem. u. Pharm. CLXVII, S. 3. 302. 346. — Derselbe: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. VIII, 1206. — Maly: Ann. der Chem. u. Pharm. CLXXIII. 227. — Derselbe: Ber. der deutsch chem. Gesellsch. VII, 1567. — Spiro: Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. I. S. 3.

Gährungsmilchsäure.

A. Gährungsmilchsäure. Farb- und geruchlose, zuweilen etwas gelb gefärbte, syrupähnliche Flüssigkeit, die unter keinen Verhältnissen zum Erstarren zu bringen ist und einen stark und rein sauren Geschmack besitzt. Ihr specifisches Gewicht ist 1·215. Sie ist optisch inactiv, in allen Verhältnissen in Wasser, Alkohol und Aether löslich und zieht aus der Luft Wasser an. Auch in sehr verdünntem Zustande zeigt sie deutlich saure Reaction. Sie ist nichtflüchtig und treibt flüchtige Säuren, auch einige Mineralsäuren (wie unter Umständen Salzsäure) aus ihren Salzen aus. Beim Erhitzen ihrer wässerigen Lösung verflüchtigt sich ein Theil mit den Wasserdämpfen. Wird sie längere Zeit einer Temperatur von 130 bis 140° C. ausgesetzt, so verliert sie Wasser und es bleibt Milchsäureanhydrid zurück. Bei starkem Erhitzen wird sie zersetzt unter Bildung von Kohlensäure, Kohlenoxydgas, Aldehyd und anderen Verbindungen. Durch faulende thierische Stoffe zerfällt sie in normale Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoffgas. Durch Erhitzen mit Jodwasserstoff im zugeschmolzenen Rohre wird sie zu Propionsäure reducirt.

Wird Milchsäure mit concentrirter Salpetersäure gekocht, so geht sie in Oxalsäure über, und wird Milchsäure oder ein milchsaures Salz mit dem fünf- bis sechsfachen Gewichte Schwefelsäure gelinde erwärmt, so entweicht reines Kohlenoxydgas in beträchtlicher Menge und auf Zusatz von Wasser scheidet sich ein brauner huminähnlicher Körper aus. Mit verdünnter Schwefelsäure längere Zeit auf 130° C. erhitzt, giebt sie Aldehyd und Ameisensäure.

Mit Basen bildet die Milchsäure meistens neutrale Salze, die ohne Ausnahme in Wasser löslich sind, sehr viele auch in Weingeist, nicht aber in Aether. Die milchsauren Alkalien, sowie die Salze des Baryums, Aluminiums, Eisens, und Zinns sind nicht krystallisirbar, die übrigen krystallisiren leicht und sind luftbeständig. Die milchsauren Alkalien und alkalischen Erden gehen beim Glühen in kohlensaure Salze über, die Salze der schweren Metalle hinterlassen theils Oxyd, theils Metall.

Von den milchsauren Salzen sind für die Erkennung der Milchsäure von besonderer Wichtigkeit das Calcium- und das Zinklactat.

Gährungs-milchsaures Calcium.

Gährungsmilchsaures Calcium: $(C_3H_5O_3)_2Ca + 5H_2O$, wird erhalten durch Kochen der Milchsäure mit kohlensaurem Calcium. Dieses Salz schiesst aus der concentrirten Lösung in harten weissen Körnern an. Unter dem Mikroskope bildet es Büschel feiner Nadeln, von denen je zwei so aneinander gelagert sind, dass sie mit den kurzen Stielen in einander übergehenden Besen oder Pinseln gleichen (Funke: Atl. 2te Ausg. Taf. I, Fig. 4. Robin u. Verdeil: Atl. Pl. IX, Fig. 3). Das milchsaure Calcium ist in heissem Wasser und Alkohol leicht löslich.

Gährungs-milchsaures Zink.

Gährungsmilchsaures Zink: $(C_3H_5O_3)_2Zn + 3H_2O$, erhält man durch Kochen von reinem oder kohlensaurem Zink mit Milchsäure; beim Erkalten scheidet es sich, wenn die Lösung cencentrirt war, in krystallinischen Krusten, aus verdünnter Lösung in feinen spiessigen Krystallen aus.

Unter dem Mikroskope erhält man durch rasches Erkalten einer heissen Lösung von milchsaurem Zink denen des Gypses sehr ähnliche, zierliche, kugelige Nadelgruppen; bei starker Vergrösserung überzeugt man sich leicht, dass die Grundform der einzelnen Krystallindividuen Verticalprismen mit gerader Endfläche oder gerade aufgesetztem stumpfen Horizontalprisma sind. Bei allmählicher Bildung beobachtet man nach C. Schmidt Folgendes: Die kleinsten, am Rande des Tropfens gebildeten Krystalle haben die Gestalt einer beiderseits abgestumpften Keule, sie convergiren gegen das Centrum des Tropfens hin und zwar so, dass das verjüngte Ende das centrale wird, das peripherische dagegen nach dem Rande des Tropfens sieht. Das centrale dünnere Ende wird von einem stumpfen Winkel mit anfangs sphärischen Schenkeln, das peripherische dickere von einem vollständigen Kreissegment begrenzt. Allmählich wird der Krystall dicker, aus dem peripherischen Kreissegment wird ein Winkel mit sphärischen Schenkeln, das dickere Ende der Keule dehnt sich nach hinten zu wachsend aus, wird schmäler, die Schenkel des centralen, dann die des peripherischen stumpfen Endwinkels werden immer gerader, endlich sind beide Extremitäten des Krystalls verjüngt, die Mitte bauchig, die stumpfen Winkel oben und unten werden geradschenklig und die Krystallbildung ist vollendet. Besonders charakteristisch für die mikroskopische Krystallform des milchsauren Zink ist der bauchige tonnen- oder auch wohl keulenförmige Habitus. Messungen des stumpfen begrenzenden Winkels ergaben C. Schmidt zwei Reihen von Werthen, einen $= 134^0\ 10'$, den anderen $= 124^0$. Die Neigungswinkel der Flächen des Verticalprismas der Grundform ∞ P sind $= 76^0\ 58'$ und $103^0\ 2'$. Funke: Atl. 2te Ausg. Taf. I, Fig. 5.

B. Paramilchsäure. Diese Säure kommt in den Eigenschaften und in den Zersetzungsproducten vom chemischen Gesichtspunkte mit der Gährungsmilchsäure so vollständig überein, dass es sich hier wahrscheinlich mehr um eine physikalische, wie chemische Isomerie handelt. Sie dreht den polarisirten Lichtstrahl nach rechts und liefert Anhydride, die denen der Gährungsmilchsäure gleichen, aber linksdrehend sind.

Paramilchsaures Zink krystallisirt mit 2 Mol. Krystallwasser. Paramilchsaures Calcium krystallisirt mit $4\frac{1}{2}$ Mol. Krystallwasser und ist linksdrehend.

Aethylenmilchsäure. Noch kaum völlig rein erhalten, in den allgemeinen Charakteren mit den übrigen Milchsäuren übereinstimmend.

Ihre Salze sind ausserordentlich leicht löslich. Sie krystallisiren entweder gar nicht oder schlecht. In siedendem Alkohol lösen sie sich in reichlicher Menge, scheiden sich aber beim Erkalten meist amorph ab.

Vorkommen.

Vorkommen. Gährungs-, Para- und Aethylenmilchsäure gehören, theils frei, theils in der Form milchsaurer Salze, zu den im Thierkörper verbreitetsten Säuren. Als mehr oder weniger constanter Bestandtheil wurden diese Milchsäuren und ihre Salze nachgewiesen: in der sauren Milch, im Magensafte, im Dünn- und Dickdarminhalte und im Chylus des Milchbrustgangs von Pferden nach stärkemehlreicher Fütterung, im Muskelsafte des Menschen, der Säugethiere und einiger Fische (*Phocaena communis*), in jenem der contractilen Faserzellen, in der Ochsengalle, in den parenchymatösen Säften der Milz, Leber, Thymus, Thyreoidea, des Pankreas, der Lungen und des Gehirns, in der Allantoisflüssigkeit der Kühe und im Harne der Pferde. Nicht constant und nur unter gewissen zum Theil pathologischen Bedingungen tritt Milchsäure (Gährungsmilchsäure) frei oder gebunden auf: im Blute nach angestrengter Muskelthätigkeit, bei Leukämie, Pyämie und Puerperalfieber, in Ovarialcystenflüssigkeiten, in eitrigen und anderen Transsudaten; im menschlichen Harne bei Rhachitis und Osteomalacie, bei Leukämie, bei Trichinose, namentlich aber in grosser Menge nach Phosphorvergiftung und bei acuter Leberatrophie, meist neben Calciumoxalat; im Speichel bei Diabetes, im Schweisse bei Puerperalfieber, endlich in osteomalacischen Knochen. Ihr Vorkommen im Eidotter (Gobley) erscheint zweifelhaft.

Die Beobachtungen über das Auftreten von Milchsäure im thierischen Organismus stammen zum Theil aus einer Zeit, wo die Existenz isomerer Milchsäuren noch gar nicht bekannt war, aber auch die neueren nehmen hierauf nur theilweise Rücksicht. Die Milchsäure der sauren Milch ist Gährungsmilchsäure, und wohl auch die im Magensafte, dem Darme und den ersten Wegen überhaupt aus Kohlehydraten sich bildende. Doch hat Maly nachgewiesen, dass sich bei der Gährung der Zuckerarten durch Magenschleimhaut zuweilen neben Gährungsmilchsäure auch Paramilchsäure bilde, ja zuweilen diese letztere allein. Paramilchsäure dagegen mit etwas Aethylenmilchsäure ist vor Allem im Fleischsafte, auch in vielen pathologischen Transsudaten enthalten. Die in der Thymusdrüse des Kalbes von mir und von W. Müller im Gehirne aufgefundene, war nach dem Krystallwassergehalte ihres Calciumsalzes jedenfalls Gährungsmilchsäure, die im Blute nach starker Muskelanstrengung von Spiro nachgewiesene dagegen, wird von ihm als Paramilchsäure angesprochen.

Zustände im Organismus.

Zustände im Organismus. Nach den bisherigen Erfahrungen findet sich die Milchsäure normalerweise frei zunächst nur im Magensafte und im Duodenum. Die frühere Ansicht, dass der Muskelsaft von freier Milchsäure sauer sei, ist unrichtig. Der lebende und ruhende

Muskel reagirt neutral und nimmt erst saure Reaction nach heftigen Muskelanstrengungen an. Auch wenn die Todtenstarre beginnt, stellt sich freie Säure ein (Dubois-Reymond). Es entsteht nun die Frage, ob überhaupt weder freie Milchsäure noch milchsaure Salze im ruhenden lebenden Muskel vorkommen, und daher die Milchsäure erst bei der Starre und bei Muskelcontractionen gebildet werde, oder ob im ruhenden lebenden Muskel milchsaure Salze enthalten sind, aus welchen die Säure beim Starrwerden und bei der Muskelarbeit auf irgend eine Weise in Freiheit gesetzt wird. Obschon von verschiedenen Seiten in Angriff genommen (Borsczow, Folwarczny, Heynsius, Funke) ist diese Frage gleichwohl nicht entschieden.

Bemerkenswerth ist es, dass nach den Versuchen von J. Ranke der Muskel nach seiner Entfernung aus dem Blutkreislauf ein unveränderliches Säurebildungsmaximum besitzt, welches mit der Leistungsfähigkeit des Muskels wächst, beim tetanisirten Muskel aber geringer ist, wie beim geruhten. Ueber die Zustände der Milchsäure in den Drüsensäften fehlen entscheidende Erfahrungen, doch kommt sie wahrscheinlich auch hier in der Form milchsaurer Salze vor; in der Milz soll sie nach Scherer an Eisen gebunden sein. Ueberall aber, wo Milchsäure frei oder gebunden im Körper vorkommt, ist sie in einfacher Lösung vorhanden.

Abstammung.

Abstammung. Die Abstammung der Milchsäure ist jedenfalls eine doppelte; die in den ersten Wegen auftretende muss als ein Zersetzungsproduct der durch die Nahrung in den Körper gelangenden Kohlehydrate angesehen werden; in der That weiss man, dass die im Darme gegebenen Bedingungen ähnliche sind, wie diejenigen, unter welchen wir Kohlehydrate ausserhalb des Organismus in Milchsäure verwandeln können. Die im Muskelsafte und den parenchymatösen Flüssigkeiten der Drüsen vorkommende Milchsäure dagegen ist als Product der regressiven Stoffmetamorphose aufzufassen. So sicher dies aus allen bekannten Bedingungen ihres Vorkommens erschlossen ist, so sind wir doch gegenwärtig ausser Stande, ihren Platz in der Reihe der der regressiven Stoffmetamorphose angehörenden Körper zu bestimmen; ja wir sind nicht einmal immer in der Lage, unter den verschiedenen, bezüglich ihrer möglichen Abstammung sich darbietenden Conjuncturen einer besonders den Vorzug zu geben. Die Milchsäure des Muskels von dem Muskelzucker abzuleiten und zwar durch eine Art Gährung oder Spaltung, ist wohl die am nächsten liegende Annahme, allein bewiesen ist sie nicht.

Verwandlungen im Organismus u. Austritt.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Unter normalen Bedingungen des Organismus findet sich in den Excreten selten Milchsäure, woraus folgt, dass sie vor ihrem Austritt noch weitere Veränderungen erleiden müsse. Welcher Art diese Veränderungen sind, ist einerseits aus ihrem Verhalten im Blute, und anderseits aus ihrem pathologischen Auftreten in den Excreten ohne Schwierigkeit zu errathen.

Milchsaure Salze werden im kreisenden Blute, wie mehrfache Versuche gezeigt haben, ausserordentlich rasch in kohlensaure verwandelt. Schon 13 Minuten nach dem Genusse von 15 Grm. milchsauren Natriums fand Lehmann seinen Harn alkalisch, indem das milchsaure Salz in kohlensaures verwandelt im Harne auftrat, und dass diese Umwandlung nicht etwa schon in den ersten Wegen erfolge, lehrten demselben Chemiker Versuche an Hunden, denen er verschiedene Mengen milchsauren Natriums in die Jugularis injicirte; nach 5, spätestens 12 Minuten war der Harn ebenfalls alkalisch. Wir sehen dagegen die Milchsäure im Harne vorzugsweise bei Gesundheitsstörungen auftreten, welche auf eine gehinderte Thätigkeit des Sauerstoffs im Organismus zurückzuführen sind. Wir finden sie im Harne bei Thieren, die bei stärkemehlreicher Nahrung und stetem Aufenthalte im Stalle der Bewegung ermangeln, während man unter anderen Verhältnissen diese Säure in ihrem Harne nicht zu entdecken vermag. Es wird demnach unter normalen Bedingungen die im Körper erzeugte Milchsäure zu Kohlensäure und Wasser, also zu den Endproducten der Verbrennung oxydirt, während sie dann als solche durch den Harn etc. den Körper zu verlassen scheint, wenn die Bedingungen ihrer vollständigen Oxydation im Körper fehlen. Ob, wie Hoppe-Seyler (Spiro) annimmt, die Milchsäure im Blute nicht direct oxydirt, sondern vorher durch ein Ferment in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff gespalten werde, steht dahin.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Insoferne die Milchsäure als Product der regressiven Stoffmetamorphose aufgefasst werden muss, ist ihre physiologische Bedeutung schon durch diese Bezeichnung zum Theil erläutert; allein sie scheint damit keineswegs erschöpft zu sein, denn es sprechen mehrfache Gründe dafür, dass sie auch für gewisse Functionen des Körpers ein mehr oder minder wesentlicher Factor ist. Vor Allem muss man hier an ihr Vorkommen im Magensafte denken.

Bernsteinsäure; $C_4H_6O_4 = \begin{array}{c} CO(OH) \\ | \\ C_2H_4 \\ | \\ CO(OH) \end{array}$

Literatur: Heintz: Poggend. Ann. LXXX, 114. — Bödeker: Zeitschrift f. rat. Med. N. F. VII. 137. — Gorup-Besanez: Ann. der Chem. u. Pharm. XCVIII, 28. — W. Müller: Zeitschr. f. rat. Med. N. F. VIII, 130. — G. Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. XXIV, 97. — Koch: Ebenda 264. — Buchheim u. Piotrowsky: Arch. f. physiol. Heilk. N. F. Bd. 1, 124. — W. Kühne: Arch. f. path. Anat. XII, 396. — Hallwachs: Ann. der Chem. u. Pharm. CVI, 160. — Naunyn: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863. S. 420. — G. Meissner u. Shepard: Untersuch. über das Entstehen der Hippursäure etc. Hannover 1866. — Salkowski: Arch. f: Physiol. IV, 94. — Hilger: Sitzungsber. der phys. med. Gesellsch. zu Erlangen V, 106.

Die reine Bernsteinsäure krystallisirt aus wässeriger Lösung in blendend weissen, glänzenden rhombischen Prismen und rhomboëdrischen Tafeln, welche dem zwei- und eingliedrigen Systeme angehören; zuweilen sind die scharfen Grundkanten des Prismas abgestumpft, wodurch dann die platten Prismen sich als irreguläre sechsseitige Tafeln zeigen (Funke: Atl. 2te Ausg. Taf. II, Fig. 5). Bisweilen stellt sie auch nur lose und zusammengewachsene unausgebildete Krystalle dar. Sie löst sich ziemlich leicht in Wasser, schwierig in kaltem aber leicht in heissem Alkohol, nur sehr wenig aber in Aether. Bei 175 bis 180°C. schmilzt sie und wird sie nun rasch weiter erhitzt, so sublimirt sie unzersetzt, und wenn sie rein war, ohne Rückstand. Ihre Dämpfe erregen Kratzen im Schlunde. Sie ist eine der beständigsten organischen Säuren und widersteht selbst der Einwirkung des Chlors und der Salpetersäure. Wird sie jedoch mit einem Ueberschusse von Kalihydrat erhitzt, so bildet sich Oxalsäure unter Entwickelung brennbarer Gase.

Die bernsteinsauren Salze werden, mit Ausnahme des bernsteinsauren Ammoniums, beim Glühen zersetzt; die mit alkalischer oder alkalisch-erdiger Basis gehen dabei in kohlensaure Salze über. Von den bernsteinsauren Salzen sind die meisten in Wasser löslich, nur mit den Metallen, welche schwache Basen liefern, geht die Bernsteinsäure schwer- oder unlösliche Verbindungen ein.

Eisenchlorid bewirkt in einer Auflösung der Bernsteinsäure einen bräunlich blassrothen Niederschlag von bernsteinsaurem Eisenoxyd. Soll die Fällung vollständig sein, so muss die freie Säure mit Ammoniak neutralisirt werden. Das bernsteinsaure Eisenoxyd löst sich leicht in Säuren, von Ammoniak wird es zersetzt, indem sich Eisenhydroxyd abscheidet und die Bernsteinsäure als bernsteinsaures Ammonium gelöst wird. Bleizucker erzeugt mit Bernsteinsäure einen weissen, in überschüssiger Bernsteinsäure, in Bleizuckerlösung und in Essigsäure löslichen Niederschlag von bernsteinsaurem Blei. Auch Quecksilber- und Silbersalze schlagen die Bernsteinsäure nieder.

Versetzt man eine Mischung von Weingeist, Ammoniak und Chlorbaryumlösung mit freier oder gebundener Bernsteinsäure, so entsteht ein weisser Niederschlag von bernsteinsaurem Baryum.

Die bernsteinsauren Alkalien sind in Weingeist unlöslich.

Vorkommen.

Vorkommen. Die Bernsteinsäure wurde bisher im Thierorganismus mit Sicherheit nachgewiesen: im menschlichen Harne nach Genuss grösserer Mengen äpfelsauren Calciums und nach dem Genusse von Spargeln; im Kaninchenharne namentlich nach äpfelsäurereicher Nahrung (Mohrrübenfütterung) und nach Zusatz von äpfelsaurem Calcium zu Heu und Kleienfutter; in den parenchymatösen Säften der Milz, der Thyreoidea und der Thymusdrüse des Rindes; in dem Inhalte von Echinococcusbälgen der Leber des Menschen und der Schafe und in der Hydroceleflüssigkeit. Das Vorkommen derselben im Hundeharne, namentlich nach

fleisch- und fettreicher Nahrung (G. Meissner), ist jedenfalls kein constantes (Salkowski).

Zustände im Organismus. Ueber die Zustände der Bernsteinsäure in den Drüsen u. s. w. wissen wir nichts Bestimmtes.

Zustände im Organismus.

Abstammung. Insoferne die Bernsteinsäure dem Organismus nicht von aussen durch die Nahrung zugeführt wird, muss sie in selbem erst erzeugt werden. Wir müssen sie im Allgemeinen und dafür spricht auch ihre chemische Natur, als eines der Producte der regressiven Stoffmetamorphose ansehen, hervorgegangen aus dem Umsatze von Gewebsbestandtheilen und den Endproducten schon sehr nahe stehend. Seitdem wir wissen, dass Aepfelsäure durch Reductionsmittel in Bernsteinsäure übergeht, ist das Auftreten von Bernsteinsäure im Harne nach äpfelsäurereicher Nahrung (Meissner u. Koch) leicht verständlich, aber es ist dieses Factum für die Frage der Abstammung der Bernsteinsäure nicht verwerthbar. Anders aber verhält es sich mit dem Asparagin, welches im Harne ebenfalls in der Form bernsteinsaurer Salze erscheint. Seitdem wir das Asparagin und die Asparaginsäure als nähere Spaltungsproducte der Eiweisskörper erkannt haben, wird die Möglichkeit nahe gelegt, die Bernsteinsäure aus dem Eiweisszerfall hervorgehend zu betrachten.

Abstammung.

Verwandlungen im Organismus und Austritt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Bernsteinsäure, soferne sie nicht als solche mit dem Harne den Körper verlässt, im Blute zu Kohlensäure und Wasser verbrannt wird. Die Erfahrungen von Wöhler, Buchheim und Piotrowsky, W. Kühne und Hallwachs führen zu der Annahme, dass von Aussen eingeführte Bernsteinsäure im Harne in der Regel nicht wieder erscheint, also früher schon umgesetzt wird. Aber auch die Meissner'schen Beobachtungen widersprechen dem insoferne nicht, als sie lehren, dass sie nur bei sehr reichlicher Bernsteinsäurebildung im Organismus im Harne erscheint.

Verwandlungen im Organismus u. Austritt.

Physiologische Bedeutung. Es fehlt an allen Anhaltspunkten, um der Bernsteinsäure eine andere physiologische Bedeutung als die eines Productes der regressiven Stoffmetamorphose zuzuerkennen.

Physiologische Bedeutung.

$$\text{Oxalsäure: } C_2H_2O_4 = \begin{array}{l} CO(OH) \\ | \\ CO(OH) \end{array}.$$

Literatur: C. G. Lehmann: Lehrb. der physiol. Chem. 1853. II, 341; Handwörterb. d. Physiol. II, p. 1. — Wöhler: Zeitschr. f. Physiol. I, 305. — Frerichs u. Wöhler: Ann. der Chem. u. Pharm. LXV, 335. — Buch-

heim u. Piotrowsky: Arch. f. physiol. Heilk. N. F. I, 124. — Piotrowsky: De quorundam acid. organicor. in org. hum. mutationibus. Dorpat 1856. — Beneke: Zur Entwickelungsgesch. der Oxalurie. Göttingen 1852. — Neubauer: Ann. der Chem. u. Pharm. XCIX, 223. — H. Müller u. A. Kölliker: 2ter Ber. über die physiol. Anat. in Würzburg 1856, S. 84. — Gorup-Besanez: Ann. der Chem. u. Pharm. CXXV, 216. — Daake: Zeitschrift f. rat. Med. 3 R. XXIII, 3. — Dyce Duckworth: Med. Times 1867, p. 219. — Neubauer: Zeitschr. f. anal. Chem. VII, 230. — Schunk: Proc. of the r. soc. XVI, 140; Zeitschr. f. anal. Chem. VI, 499. — Schultzen: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868, S. 719.

Oxalsäure.

Die Oxalsäure stellt farblose, durchsichtige, schiefe rhombische Säulen dar, die 2 Mol. Krystallwasser enthalten und an der Luft unter Verlust desselben zu einem weissen Pulver zerfallen. Schmeckt stark sauer, löst sich in Wasser und Alkohol, sublimirt beim Erhitzen auf 150^0 bis 160^0 C. zum Theil unzersetzt, verwandelt sich aber bei raschem und stärkerem Erhitzen in Kohlensäure, Kohlenoxyd und Wasser, wobei gleichzeitig etwas Ameisensäure gebildet wird. Concentrirte Schwefelsäure zerlegt sie in gleicher Weise, durch oxydirende Agentien wird sie in Kohlensäure verwandelt.

Die oxalsauren Salze werden sämmtlich beim Glühen zersetzt, indem die Säure in Kohlenoxyd und Kohlensäure zerfällt. Die mit alkalischer und alkalisch-erdiger Basis verwandeln sich dabei ohne Abscheidung von Kohle in kohlensaure Salze. Die oxalsauren Salze der Alkalien sind in Wasser löslich, in Weingeist sind aber alle oxalsauren Salze unlöslich.

Ihre Auflösungen werden durch salpetersaures Silber, Chlorbaryum und Kalkwasser, sowie überhaupt durch alle löslichen Calciumsalze gefällt. Der weisse, feinpulverige Niederschlag von oxalsaurem Calcium ist in Mineralsäuren löslich, aber in Essigsäure unlöslich. In Wasser ist er so gut wie unlöslich, ebenso in Alkalien. Kocht man Calciumoxalat mit einer concentrirten Lösung von Natriumcarbonat und filtrirt, so ist im Filtrat Natriumoxalat, im Rückstande aber Calciumcarbonat enthalten.

In physiologischer Beziehung ist das Calciumoxalat deshalb besonders wichtig, weil dieses Salz die einzige Form ist, in welcher die Oxalsäure bisher im Thierkörper aufgefunden wurde.

Oxalsaures Calcium.

Calciumoxalat. Oxalsaures Calcium. Künstlich dargestelltes Calciumoxalat wie es durch Vermischen eines löslichen oxalsauren Salzes mit Calciumsalzen erhalten wird, erscheint unter dem Mikroskope in vollkommen amorphen knolligen Massen; als Bestandtheil von Harnsedimenten jedoch, und wo es überhaupt in thierischen Substanzen vorzukommen pflegt, zeigt es so charakteristische Krystallbildungen, dass es mit Leichtigkeit durch seine Krystallform schon zu erkennen ist.

Es erscheint nämlich in Form kleiner, zierlicher, glänzender, vollkommen durchsichtiger, das Licht stark brechender, scharfkantiger Quadratoctaëder, die mit Briefconverten Aehnlichkeit zeigen (Funke's Atl. 2te Ausg. Taf. II, Fig. 1, u. Taf. XVII, Fig. 2; Robin u. Verdeil: Atl. Pl. VI, Fig. 2 u. 3; Ultz-

mann u. Hofmann: Atl. Taf. XIX, 1.) Der Neigungswinkel dieses Octaëders in den Polflächen beträgt 119° 34'; seltener erscheint es in Gestalt spitzer Octaëder von 46°. Diese Krystalle sind unlöslich in kaltem und warmem Wasser, in erwärmtem Harne, in Essigsäure und Ammoniak; löslich dagegen in stärkeren Mineralsäuren. Zum Glühen erhitzt, verwandeln sie sich ohne Schwärzung in Calciumcarbonat.

Vorkommen. Calciumoxalat wurde im Thierkörper bisher nachgewiesen: im Harne und zwar im normalen und pathologischen, vorzugsweise reichlich nach dem Genusse vegetabilischer Nahrungsmittel, nach dem Genusse von Sauerampfer, moussirender Weine und kohlensäurereicher Biere, sowie nach dem innerlichen Gebrauche doppelt kohlensaurer Alkalien und von Kalkwasser (Leared und Duckworth); ferner in Harnsedimenten, in Blasen- und Nierensteinen (eine eigene Classe derselben: die sogenannten Maulbeersteine bildend), in den festen Excrementen nach dem Genusse oxalsäurehaltiger Nahrungsmittel, in menschlichen Darmconcrementen, in den Excrementen der Raupen und der Gallengänge dieser Thiere, in der Schilddrüse, in einem Cysteninhalte aus dem bulbus olfactorius eines Pferdes, im Schleim der Gallenblase und auf der Schleimhaut des schwangeren Uterus. Auch will man Oxalsäure im Blute durch Alkohol narkotisirter Hunde nach Ablauf des Rausches gefunden haben.

Vorkommen.

Zustände im Organismus. Da, wie bereits oben erwähnt wurde, die Oxalsäure stets nur in Form ihres Calciumsalzes im Organismus vorzukommen scheint, dieses Salz aber nicht allein in Wasser, sondern auch in Essigsäure und in Alkalien so gut wie unlöslich ist, es sich auch nicht im Harne in der Wärme löst, so sollte man denken, es könne von einem Gelöstsein desselben im Körper überhaupt nicht die Rede sein und doch ist es zur Genüge constatirt, dass es im Harne ebensowohl der Pflanzenfresser als des Menschen gelöst sein kann; denn nicht selten setzt es sich aus dem vollkommen klar gelassenen Harne erst einige Stunden nach seiner Entleerung in Krystallen ab, und meist erfolgt seine Ausscheidung mit Harnsäuresedimenten, die ja bekanntlich auch erst nach einiger Zeit im erkalteten Harne sich bilden. Es ist klar, dass seine Auflösung durch irgend einen Bestandtheil des Harns vermittelt sein muss. Neubauer hat nachgewiesen, dass Calciumoxalat in Phosphorsäure, namentlich beim Erwärmen, in erheblicher Menge löslich ist, sowie, dass eine Lösung von harnsaurem und phosphorsaurem Natrium ebenfalls Calciumoxalat auflöst, und so wie Voit und Hofmann als das Lösungsmittel der Harnsäure das saure phosphorsaure Natrium des Harns betrachten, und die Harnsäuresedimente aus der Wechselwirkung zwischen diesem Salze und den harnsauren Salzen hervorgehen lassen, so nimmt man gegenwärtig dieselbe Beziehung zwischen dem Calciumoxalat und dem sauren Natriumphosphat des Harns an. Nimmt die saure

Zustände im Organismus.

Reaction des Harns ab, so wird damit auch das Lösungsmittel für das Calciumoxalat vermindert und dieses wird, wie es ja auch meist der Fall ist, die Sedimente von Harnsäure und harnsauren Salzen begleiten (Neubauer, Schultzen). Da, wo das Calciumoxalat einmal ausgeschieden ist, zeigt es die oben beschriebenen charakteristischen Krystallformen. In Harnsteinen bildet es entweder für sich den Hauptbestandtheil derselben (Maulbeersteine), oder Schichten um einen gewöhnlich aus Harnsäure bestehenden Kern, oder auch wohl mit dieser letzteren alternirende Schichten, oder endlich bildet es den Kern solcher Steine; auch der sogenannte Harn- und Nierengries besteht nicht selten aus Calciumoxalat; in diesem Falle hat er gewöhnlich ein glänzend krystallinisches Aussehen und lässt unter dem Mikroskope die charakteristischen Quadratoctaëder des Salzes erkennen; häufig sind dieselben aber, namentlich an der Oberfläche der Concretionen abgeplattet. Die gewöhnlichsten Begleiter des Calciumoxalates in den Nieren- und Blasenconcretionen sind Harnsäure, harnsaure Salze, phosphorsaures und kohlensaures Calcium.

Abstammung.

Abstammung. Bei der Verbreitung des Calciumoxalats im Pflanzenreiche kann die Möglichkeit, dass das im Thierkörper auftretende wenigstens zum Theil von der Nahrung stamme, keineswegs geläugnet werden, wie sich schon daraus ergiebt, dass der Genuss von Sauerampfer die Menge des Calciumoxalats im Harne vermehrt. Dagegen aber findet sich oxalsaures Calcium im Organismus auch unter Bedingungen, die eine Abstammung von Aussen ausschliessen. So ist es durch die genauen Versuche von Wöhler und Frerichs erwiesen, dass nach der Einverleibung von Harnsäure, harnsauren Salzen und von Bittermandelöl in die ersten Wege oder ins Blut, der Harn eine erhebliche Vermehrung des Calciumoxalates zeigen kann. Ebenso lässt die Abwesenheit desselben im Harne unter gewissen Umständen, sowie seine Gegenwart unter anderen, ohne dass in der Nahrung etwas geändert wird, nicht daran zweifeln, dass ein Theil der Oxalsäure im Körper selbst erst erzeugt werde. Es bedarf keiner besonderen Erörterung, dass sie dann als eines der Endproducte der regressiven Stoffmetamorphose auftritt.

Es wird schon aus theoretischen Erwägungen wahrscheinlich, dass die Bildung der Oxalsäure im Organismus mit jener der Harnsäure in genetischem Zusammenhange stehe. Wir haben bereits weiter oben bei Gelegenheit der Harnsäure erörtert, dass wir uns die Spaltung der Harnsäure im Thierkörper in ähnlicher Weise erfolgend denken können, wie durch Superoxyde und durch Ozon: in Harnstoff, Oxalsäure und Allantoin; letztere beiden mögen aber unter normalen Bedingungen ebenfalls weiter zerlegt werden, wie das auch die Versuche von Zabelin darthun, welcher nach Zusatz von Harnsäure zum Futter eines Hundes Harnstoffvermehrung beobachtete, aber weder Allantoin noch Oxalsäure nachzuweisen

vermochte: aber man kann sich recht wohl denken, dass es Umstände geben mag, wo eine vollständige Verbrennung der Harnsäure nicht stattfindet. Dass zwischen Harnsäure und Oxalsäure ein genetischer Zusammenhang im Thierkörper bestehe, wird ausserdem durch die Verhältnisse des Vorkommens beider Körper wahrscheinlich; im Harne, in den Harnsteinen, den Nierenconcrementen ist Calciumoxalat meist von Harnsäure begleitet. Die physiologischen Bedingungen, unter welchen Calciumoxalat in erheblicherer Menge im Harne auftritt, lassen diesen Zusammenhang ebenso wenig verkennen; es sind nämlich die gewöhnlichsten derartigen Bedingungen mannigfache Störungen des Stoffwechsels und der Respiration; sowie unter diesen Bedingungen eine Vermehrung der Harnsäure darin ihre Erklärung findet, dass eben ein Theil der Harnsäure nicht die normale Umsetzung erleidet, so könnte auch die Oxalsäure, die durch die Umsetzung eines anderen Theils derselben erzeugt wäre, unter denselben Bedingungen nicht weiter oxydirt werden. Auch die von Wöhler und Frerichs beobachtete Thatsache, dass nach Injection von harnsauren Salzen in die Venen von Thieren neben oxalsaurem Calcium auch eine Vermehrung von Harnstoff im Harne eintritt, steht mit der Auffassung, dass die Oxalsäure ein Nebenproduct der Bildung des Harnstoffs aus Harnsäure sei, im Einklange, während die Vermehrung des oxalsauren Calciums im Harne nach Ueberladung des Blutes mit Kohlensäure sich ohne Schwierigkeit auf eine dadurch beeinträchtigte Oxydation der gebildeten Oxalsäure zurückführen lässt. Schunck, der das Vorkommen des oxalursauren Ammoniums im Harne nachwies, erblickt in diesem Salze die Quelle der Oxalatsedimente, insoferne die Oxalursäure bekanntlich mit Leichtigkeit in Oxalsäure und Harnstoff zerfällt, eine Auffassung gegen welche sich aber Neubauer mit guten Gründen ausgesprochen hat.

Eine Deutung der Abstammung desjenigen Calciumoxalates, welches im Gallenblasenschleim und auf der Schleimhaut des schwangeren Uterus beobachtet wurde, ist gegenwärtig nicht möglich.

Was das Auftreten von Oxalsäure im Harne nach dem Genusse von Pflanzensäuren anbetrifft, so ist es klar, dass hier eine Verwandlung derselben in Oxalsäure angenommen werden muss. Was namentlich einen von H. Müller und Kölliker beobachteten Fall betrifft, die im Harne eines Mädchens, welches Citronensaft als Heilmittel gebrauchte, einen reichlichen Gehalt von Oxalsäure fanden, so giebt den Schlüssel zur Erklärung dieser Thatsache die im Verlauf meiner Untersuchungen über die Einwirkung des Ozons auf organische Substanzen constatirte Thatsache, dass unter der Einwirkung dieses Oxydationsmittels die Citronensäure neben Kohlensäure auch Oxalsäure liefert.

Verwandlungen und Austritt aus dem Organismus. Das Vorkommen des Calciumoxalates im Harne und den Excrementen lehrt, dass die Oxalsäure in der That als solche aus dem Körper

Verwandlungen und Austritt.

austreten kann. Allein, da sie im Harne keineswegs constant auftritt und da ihre Vermehrung darin vielfach auf pathologische Verhältnisse hinweist, so folgt, dass sie auch weiterer Verwandlungen im Organismus fähig ist. Wir müssten bereits Gesagtes wiederholen, wenn wir uns in eine Erörterung der Frage einliessen, welche Producte aus ihrer Umsetzung im Organismus hervorgehen. Ihr chemisches Verhalten lässt keinen Zweifel darüber, dass sie in Kohlensäure übergeführt werden muss, wenn überhaupt die Bedingungen ihrer Oxydation vorhanden sind.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Sie ist sicherlich keine andere wie die eines Endproductes der regressiven Stoffmetamorphose.

Anhang.

Körper, deren Präexistenz im Organismus zweifelhaft ist, — die nur sehr unvollkommen studirt sind, — deren Vorkommen ein mehr zufälliges ist, — oder die als Gemenge erkannt sind.

Albukalin.

Albukalin — nennt Reichhardt einen von ihm im Blute Leukämischer aufgefundenen stickstoffhaltigen Körper, der getrocknet eine bröckliche braune Masse darstellt, mit dem Geruche der Eiweisskörper verbrennt und in dünnen Schichten eingetrocknet unter dem Mikroskope krystallinisch erscheint. Seine wässerigen Lösungen reagiren schwach sauer und werden durch Natronlauge, Silbernitrat, Mercurinitrat und Platinchlorid, nicht aber durch Kupfersulfat gefällt. Dieser Körper soll identisch sein mit einem von Theile bei der Einwirkung von Kalium auf Albumin und Vitellin erhaltenen, und nach der Formel $C_8 H_{16} N_2 O_6 + H_2 O$ zusammengesetzt sein.

Theile: Jen. Zeitschr. f. Med. u. Nat. III. 147. — Reichhardt: Arch. der Pharm. CXCV, 142. Zeitschr. f. anal. Chem. X. 379.

Alcapton.

Alcapton — nennt Bödeker einen dem Harnzucker in mancher Beziehung ähnlichen Körper, den er im Harne eines Kranken fand. Auf Zusatz von Aetzkali ging die Farbe des Harns unter Sauerstoffabsorption in ein dunkles Braun über. Er beschreibt ihn als einen blassgelben, firnissartigen, amorphen Körper, der beim Erhitzen unter Entwickelung eines urinösen Geruchs mit leuchtender Flamme verbrannte, und beim Erhitzen mit Natronkalk viel Ammoniak entwickelte. Er ist in Wasser und Alkohol löslich, reducirt Kupferoxyd und Silberoxyd bei Gegenwart von freiem Alkali, nicht aber Wismuthoxyd. Er scheint endlich nicht gährungsfähig zu sein.

Bödeker: Zeitschr. f. rat. Med. VII, 128.

Einen ähnlichen Körper fand Fürbringer im Harne eines Phtisikers, der durch seine dunkle Färbung, und sein starkes Absorptionsvermögen nach Zusatz von etwas Aetzkali auffiel. Fürbringer kam später zur Ansicht, dass es sich um Brenzkatechin gehandelt habe.

Fürbringer: Berl. klin. Wochenschr. 1875. Nr. 24. — Derselbe: Ebenda Nr. 28.

Bufidin — nennen Jornara und Casali einen amorphen alkaloidähnlichen Körper, welchen sie aus dem eingetrockneten Krötengifte (Saft?) nach der Methode von Stas extrahirten. So, wie sie es, jedenfalls nicht rein, erhielten, ist es amorph, wenig löslich in kaltem Wasser, leichter in heissem, leicht löslich in Alkohol, Aether, Chloroform und Amylalkohol. Die wässerige mit Salzsäure vermischte Lösung wird an der Luft grün; verdunstet hinterlässt dieselbe einen schön blauen Rückstand, der sich in Wasser und Alkohol löst. Das Bufidin ist stickstoffhaltig, zersetzt sich beim Erhitzen unter Ammoniakentwickelung und reagirt schwach alkalisch. Mit Säuren giebt es ebenfalls amorphe Salze.

Jornara e Casali: Il veneno del rospo e la bufidina. Rivista clinica di Bologna. 1873, p. 207.

Chlorrhodinsäure.

Chlorrhodinsäure. Eine von Bödeker im Eiter entdeckte organische Säure. Der getrocknete Eiter wurde mit Aether und Alkohol und mit Wasser gekocht, die wässerige Lösung mit Bleiessig gefällt und der zersetzte Bleiniederschlag mit siedendem absolutem Alkohol ausgezogen. Der Alkoholrückstand enthält die Säure als mikroskopische kupelige Gruppen zarter Nadeln. Die Chlorrhodinsäure ist in Wasser und Alkohol leicht, in Aether unlöslich, nichtflüchtig, schmilzt beim Erhitzen und verbrennt unter Entwickelung des Geruchs der verbrennenden Eiweisskörper. Die wässerige Lösung wird durch Sublimat, Mercuronitrat und Zinnchlorür gefällt, ebenso durch Gallustinctur und Jod. Chlorwasser erzeugt eine rosenrothe Färbung.

Bödeker: Zeitschr. f. rat. Med. N. F. VI. 2. Heft.

Chondroglykose.

Chondroglykose. Knorpelzucker. Durch Kochen von Chondrin oder chondrigenen Knorpeln mit Salzsäure, oder durch künstliche Verdauung daraus erhaltene Zuckerart, von Bödeker entdeckt, von de Bary ebenfalls erhalten. Nicht krystallisirbar, leicht löslich in Alkohol und Wasser, wenig gährungsfähig. Die Lösungen drehen die Polarisationsebene des Lichtes nach links und reduciren Kupfer-, Wismuth- und Silberoxydsalze.

Wurde dargestellt durch Kochen des Chondrins oder der chondrigenen Knorpel mit Salzsäure, Neutralisation der Lösung mit Bleiglätte, Entbleiung des Filtrats durch Schwefelwasserstoff, Fällung anderer Stoffe durch Alkohol, und Eindampfen der alkoholischen Lösungen.

Bödeker: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXVII. 111. — de Bary: Physiol. chem. Untersuch. über Eiweisskörper und Leimstoffe. Dissert. Tübingen 1864.

Damalursäure.

Damalursäure. Von Städeler aus dem sauren Destillate des Kuhharns dargestellt, ausserdem aber auch im Menschen- und Pferdeharne nachgewiesen. Oelige Flüssigkeit von valeriansäureähnlichem

Geruch, schwerer wie Wasser, und von stark saurer Reaction, mit Basen wohl charakterisirte und meist krystallisirbare Salze bildend.

Formel: $C_7 H_{12} O_2$.

Städeler: Ann. der Chem. u. Pharm. LXXVII, 17.

Damol- und Tauryl-säure.

Damolsäure und Taurylsäure. Städeler nennt so zwei von ihm im Kuhharn aufgefundene Säuren, von denen die erste tropfbar-flüssig, schwerer als Wasser und wenig löslich in selbem, in dem durch Natriumcarbonat zersetzbaren Antheil des Kuhharndestillates neben der Damalursäure enthalten ist, und von dieser durch Krystallisation ihres Bariumsalzes, welches zuerst krystallisirt, getrennt wird. Die Taurylsäure findet sich in dem durch Natriumcarbonat nicht zersetzbaren Antheile des Harndestillates; sie ist dem Phenol sehr ähnlich und unterscheidet sich von ihm nur durch einen etwas höheren Siedepunkt und dadurch, dass sie mit concentrirter Schwefelsäure krystallinisch erstarrt. Ihrer Formel nach, $C_7 H_8 O$, wäre sie isomer den Kreosolen und dem Anisol.

Städeler: a. a. O.

Erythrogen.

Erythrogen. Ein Farbstoff, den Bizio aus der Galle eines Icterischen dargestellt haben will. Er soll smaragdgrüne, durchsichtige, biegsame Krystalle bilden, nach faulen Fischen riechen, bei 42° C. schmelzen und krystallinisch erstarren. Bei 50° C. soll er sich in Gestalt purpurfarbiger Dämpfe verflüchtigen. Wasser und Aether sollen das Erythrogen nicht lösen, wohl aber Alkohol und fette Oele. Die salpetersaure Lösung soll sich bei 27° C. entfärben, bei stärkerer Hitze aber unter Sauerstoffentwickelung purpurroth färben. Auch wenn Erythrogen mit Ammoniak erhitzt wird, soll sich diese Purpurfarbe unter Entwickelung von Wasserstoffgas einstellen; erhitzt man endlich Erythrogen in Ammoniakgas bis zu jener Temperatur, bei welcher es sich verflüchtigt, so soll es unter Stickstoffaufnahme in kleinen purpurfarbenen Strahlen anschiessen u. s. w. Alle diese Angaben leiden in so hohem Grade an innerer Unwahrscheinlichkeit und Abenteuerlichkeit, dass sie kein Vertrauen beanspruchen können.

Bizio bei Brugnatelli: Giornale di Fisica T. XV, p. 455; Schweigger's Journ. XXXVII, 110.

Excretolin-säure.

Excretolinsäure nennt Marcet einen ölartigen Stoff von fäculentem Geruch, welchen er aus dem heissbereiteten Alkoholextracte menschlicher Fäces durch Calciumhydroxyd fällte. Das Calciumsalz wurde mit Schwefelsäure zersetzt, die ausgeschiedene Säure mit Aether aufgenommen und mit Wasser gewaschen. Die Excretolinsäure schmilzt bei 25° bis 26° C., riecht beim Erhitzen auf Platin wie Excretin, verbrennt mit heller Flamme vollkommen, ist in Wasser unlöslich, löslich in Aether, wenig in kaltem, leicht in heissem Alkohol. Die Lösung ist von saurer Reaction.

W. Marcet: Philos. Transact. 1854, p. 265 bis 283.

Gravidin. Kyestëin.

Gravidin. Kyestëin. Unter letzterem Namen beschrieb Nauche einen von ihm für eigenthümlich gehaltenen Stoff im Harne Schwangerer, der das in selbem häufig zu beobachtende schillernde Häutchen bilden soll. Nach späteren Beobachtungen besteht aber dieses Häutchen einfach aus Krystallen von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, Vibrionen und Pilzen, während Stark die Bildung dieses Häutchens von einer eiweissartigen Substanz: dem Gravidin, bedingt sein lässt, eine Ansicht, der sich im Wesentlichen Braxton Hicks angeschlossen hat.

Nauche: Journ. de Chim. méd. 2 Sér. V, p. 64. — Golding Bird: Guy's Hosp. Rep. April 1840. — Veit: N. Zeitschr. f. Geburtsh. 1851. XXX, 257. — Lehmann: Zoochemie. S. 343. — Stark: Edinb. med. and surg. Journ. 1842. 156. — Braxton Hicks: Lancet 1859. II, 281.

Haylin.

Hyalin. Die Substanz der Mutterblasen der Echinococcen von Lücke untersucht, von Hoppe-Seyler benannt. Dem Chitin jedenfalls sehr nahe verwandt, auch in der Zusammensetzung. Aus jüngeren Blasen dargestellt: Kohlenstoff 44·1, Wasserstoff 6·7, Stickstoff 4·5, Sauerstoff 44·7; aus älteren Blasen: Kohlenstoff 45·3, Wasserstoff 6·5, Stickstoff 5·2, Sauerstoff 43·0. Opalisirend durchsichtig, unlöslich bei gewöhnlichem Druck in Wasser und Alkohol, löslich in Wasser bei 150^0. Ziemlich schwierig löslich in Alkalien und verdünnten Mineralsäuren, unlöslich in Essigsäure. Die wässerige Lösung wird durch Alkohol, neutrales und basisches essigsaures Blei und durch Mercurinitrat gefällt.

Beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure liefert das Hyalin rechtsdrehenden gährungsfähigen Zucker, und nicht näher studirte stickstoffhaltige Spaltungsproducte.

A. Lücke: Arch. f. path. Anat. XIX, 189.

Kryptophansäure.

Kryptophansäure. Eine von Thudichum aus menschlichem Harne dargestellte stickstoffhaltige Säure, die den Hauptbestandtheil der sogenannten Extractivstoffe des Harns darstellen soll, aber so, wie sie bisher erhalten wurde, selbst kaum schärfer charakterisirt erscheint, wie die letzteren. Thudichum beschreibt sie nämlich als amorph, gummiartig, durchscheinend, löslich in Wasser, weniger in Alkohol, am wenigsten in Aether. Sie wird durch viele Metallsalze gefällt, so namentlich auch durch Quecksilberoxyd-, Eisenoxyd- und Uranoxydsalze, absorbirt in unreiner alkalischer Lösung Sauerstoff, reducirt Kupferoxydsalze und bindet Jod. Aus ihren ebenfalls amorphen Salzen entwickelt Thudichum für die Säure die Formel $C_5 H_9 N O_5$ oder die verdoppelte $C_{10} H_{18} N_2 O_{10}$. Zur Darstellung dieser Säure empfiehlt Thudichum nachstehende Methode: Harn wird mit Kalkmilch alkalisch gemacht, filtrirt, abgedampft, mit Essigsäure angesäuert und zur Krystallisation concentrirt. Die Mutterlauge von den Krystallen, welche die Kryptophansäure enthält, wird mit dem 4- bis 5fachen Volumen Alkohol geschüttelt und das auf diese Weise gefällte kryptophansaure Calcium nach der Reinigung durch Waschen mit Alkohol und Wiederauflösen in Wasser, durch Fällung mit

Bleizucker, oder mit essigsaurem Kupfer in das Blei- resp. Kupfersalz verwandelt. Auch ohne Anwendung dieses complicirten Verfahrens erhält man die Kryptophansäure aus dem Harne, indem man selben mit Bleizucker ausfällt, das Filtrat mit Bleizucker und Ammoniak versetzt, den erhaltenen Niederschlag durch Schwefelsäure zerlegt, die Lösung der freien Säure mit Baryumcarbonat und Barytwasser behandelt, und aus dem Filtrat durch Alkohol kryptophansaures Baryum fällt. Wie das nicht anders zu erwarten war, hat Pircher bei einer Wiederholung der Thudichum'schen Versuche gefunden, dass die Kryptophansäure ein Gemenge verschiedener amorpher Substanzen, und der Ausgangspunkt für die Darstellung der Säure wie der Salze: das kryptophansaure Calcium, ein noch dazu wechselndes Gemenge amorpher Calciumverbindungen sei. Hlasiwetz hat die Vermuthung ausgesprochen, es möge die Kryptophansäure unreine Glutaminsäure gewesen sein. Diese ist aber durch den Hinweis darauf, dass beide Körper alkalische Kupferlösungen in der Wärme reduciren, wohl kaum ausreichend gestützt.

Thudichum: Journ. of the chem. Soc. VIII, 116; Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1870, S. 195. 209. — Pircher: ebenda 1871, S. 322.

Lithursäure.

Lithursäure. In Harnsteinen italienischer Ochsen von *Pietra santa*, die mit jungen Welschkornstielen gefüttert wurden und viel arbeiteten, fand G. Roster eine neue stickstoffhaltige Säure: die Lithursäure. Die Steine bestanden beinahe ausschliesslich aus dem in kochendem Wasser löslichen Magnesiumsalze der Säure, welches beim Erkalten in mikroskopischen Krystallen sich ausschied. Die Analyse dieses Salzes entsprach am Nächsten den Formeln $C_{30}H_{36}MgN_2O_{18}$ oder $C_{29}H_{36}N_2O_{17}$. Die freie Säure krystallisirt in feinen Nadeln, welche bei 204·5 bis 205° schmelzen, und in kochendem Wasser und Alkohol ziemlich löslich, in Aether dagegen unlöslich sind.

G. Roster: Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. V, 831, Gazetta chimica italiana II. 1872, p. 369.

Melolonthin.

Melolonthin. Ein schwefelhaltiger krystallisirbarer Körper, welchen Schreiner aus Maikäfern erhielt. Die Krystalle des Melolonthins stellen abgestumpfte rhombische Säulen mit zwei Endflächen dar, sind vollkommen weiss, prachtvoll seideglänzend, geruch- und geschmacklos, und lassen sich zu einem weissen Pulver zerreiben. Sie lösen sich in kaltem Wasser schwer, leichter in warmem, sehr wenig in Weingeist und gar nicht in absolutem Alkohol und Aether, leicht aber in ammoniakhaltigem Wasser, in ätzenden und kohlensauren Alkalien, sowie in anorganischen wie organischen Säuren. Aus der Lösung in ammoniakhaltigem Wasser krystallisirt das Melolonthin in grösseren rhombischen Tafeln. Die wässerigen Lösungen sind ohne Einwirkung auf Pflanzenfarben. Beim Erhitzen auf Platinblech decrepitiren die Krystalle und verbrennen ohne zu schmelzen unter Entwickelung des Geruches nach verbrannten Haaren. Mit Natronlauge auf einem Silberblech erhitzt,

geben sie einen schwarzen Fleck von Schwefelsilber. Kocht man die Lösung des Melolonthins in Kalilauge mit einer Auflösung von Bleioxyd in Aetzkali, so scheidet sich wie beim Cystin, reichlich Schwefelblei aus. Die Krystalle geben nicht die Piria'sche Tyrosinreaction. Aus seinen Analysen berechnet Schreiner die Formel $C_5 H_{12} N_2 S O_3$.

Schreiner erhielt das Melolonthin, indem er die Maikäfer im Mörser zerquetschte, mit Wasser extrahirte, die wässerigen colirten Lösungen aufkochte, das Filtrat vom Coagulum durch Bleiessig ausfällte, das Filtrat vom Bleiniederschlage durch Schwefelwasserstoff entbleite, und die vom Schwefelblei abfiltrirte Flüssigkeit auf etwa die Hälfte ihres Volumens einengte. Nach dem Erkalten und längeren Stehen schied sich Harnsäure mit harnsauren Salzen aus. Von diesem Niederschlage getrennt, wurde die Flüssigkeit bis zur Syrupconsistenz concentrirt, und an einem kühlen Orte sich selbst überlassen. Nach einigen Tagen war eine krystallinische Abscheidung erfolgt, welche aus Leucin und Melolonthin bestand. Ersteres wurde durch kochenden Weingeist ausgezogen und der Rückstand: Melolonthin, durch kochendes Wasser gelöst und durch Umkrystallisiren aus ammoniakhaltigem Wasser gereinigt.

Ph. Schreiner: Die chem. Best. von Melolontha vulgaris. Dissertation Erlangen 1871, u. Ann. d. Chem. u. Pharm. CLXI, 252.

Myelin, Markstoff.

Myelin, Markstoff. Eine von Virchow in verschiedenen normalen und pathologisch veränderten Geweben aufgefundene Substanz, die er für identisch mit dem Nervenmarke hielt. Sie fand sich in den Nerven, in dem kochend bereiteten wässerigen Auszuge der Milz, in der Schilddrüse, im Dotter des Hühnereies, im Hoden des Stiers und in Sperma, das in Glaubersalzlösung gelegen war, im Eiter, in kranken Lungen, in dem mit Alkohol gekochten Eierstocke des Kalbes, in der Galle neben Cholesterinausscheidungen, in der klaren schleimigen Flüssigkeit einer Lebercyste; endlich ist das Myelin nach der Meinung Virchow's identisch mit dem von H. Meckel beschriebenen Speckstoff aus wachsartig degenerirten Drüsen. Das Myelin ist zähflüssig, nimmt Formen an, die aufs Täuschendste Nervenröhren und ähnlichen Gebilden gleichen, sowie auch insbesondere dem aus den Nervenscheiden ausgetretenen Inhalte derselben; in heissem Alkohol ist es leicht löslich, scheidet sich aber daraus beim Erkalten aus, in Wasser quillt es wie Stärkemehl auf und nimmt dabei die erwähnten Formen an, schrumpft aber auf Zusatz concentrirter Salzlösungen wieder ein. Aether, Chloroform, Terpentinöl lösen das Myelin mit Leichtigkeit, schwache Säuren und Alkalien zeigen geringe Einwirkung, starke Alkalien machen die Substanz etwas einschrumpfen, starke concentrirte Säuren machen sie noch mehr aufquellen und zerstören sie endlich; durch Chromsäure wird das Myelin gelb, hart und starr, concentrirte Schwefelsäure färbt es roth, zuweilen violett. Nach der Meinung von Liebreich ist es ein Gemenge verschiedener Körper, deren eigenthümliche Formen sich beliebig aus der Mischung

der Zersetzungsproducte des Protagons mit diesem selbst erzeugen lassen. Es sei wahrscheinlich, dass überall da, wo Myelinformen sich zeigen, auch Protagon sich darstellen lassen werde, während Beneke einen Zusammenhang des Myelins mit Cholesterin vermuthet, Neubauer und Köhler aber der Meinung sind, dass ein solcher Zusammenhang weder mit Cholesterin noch mit Liebreich's Protagon bestehe und das Myelin überhaupt keine chemische Form, sondern ein physikalisches Phänomen sei, welches auf sehr mannigfaltige Weise mit sehr verschiedenen Stoffen hervorgerufen werden könne. Jedenfalls ist es als chemisches Individuum zu streichen.

Mikroskopische Abbild. bei Funke: Atl. 2. Ausg. Taf. V, Fig. 4. — Virchow: Arch. f. path. Anat. VI, 562. — H. Meckel: Annal. der Charité. IV, 269. — O. Liebreich: Arch. f. path. Anat. XXXII, 387. — Beneke: Studien über das Vorkommen von Gallenbestandth. Giessen 1862. — Derselbe: Arch. f. wiss. Heilk. II, 379. — Neubauer: Zeitschr. f. anal. Chem. VI, 189. — Köhler: De Myelini quod vocant constitutione chemica: Habilitationsschrift, Halle 1867, und Arch. f. path. Anat. XLI, 265.

Myeloidin.

Myeloidin ist nach Köhler ein Bestandtheil des Gehirns und wurde von ihm durch Behandlung desselben mit absolutem Alkohol bei + 30 bis 35°, sodann mit Aether, und Fällen der ätherischen Extracte durch absoluten Alkohol bei niederer Temperatur als eine weisse, visköse, stickstoff- und phosphorhaltige, in Wasser lösliche Substanz erhalten. In der alkoholisch-ätherischen Lösung war ein zweiter stickstoff- und phosphorhaltiger Körper enthalten, den Köhler Myeloidinsäure nennt, und deren Bleisalz in kaltem Aether löslich ist.

Köhler: Unters. über die fälschlich Hirnfette genannten Substanzen und ihre Zersetzungsproducte. Halle 1868.

Myelomargarin.

Myelomargarin. Die Cerebrinsäure Fremy's ist nach Köhler ein Gemenge von Cholesterin, von Zersetzungsproducten des Myeloidins und von Myelomargarin. Es ist ein weisses, sich fettig anfühlendes Pulver, löslich in heissem Wasser, Alkohol und Aether, beim Erkalten sich wieder ausscheidend. Wird bei 185° roth, ohne zu schmelzen, schmilzt in höherer Temperatur und verbrennt mit leuchtender Flamme. Seine Analyse führt zur Formel $C_{17} H_{36} O_5$.

Köhler: l. c.

Nefrozymase.

Nefrozymase nennt Béchamp eine Substanz, welche im menschlichen Harne vorkommen und daraus durch Alkohol, noch gemengt mit Phosphaten niedergeschlagen werden soll. Sie ist ein sehr wirksames Ferment, welchem der menschliche Harn nach Béchamp das Vermögen verdankt, Stärke in Zucker zu verwandeln. Dieses Ferment ist stickstoffhaltig und von den Peptonen und von Albumin verschieden; von letzterem dadurch, dass es beim Sieden nicht gerinnt und durch Essigsäure

und Ferrocyankalium nicht gefällt wird; von ersterem durch die Nichtfällbarkeit durch Tannin, Sublimat und Chlor.

A. Béchamp: Gaz. hebdomad. 1865. Nr. 24 u. 25.

Neurokeratin.

Neurokeratin nennen A. Ewald und W. Kühne einen mit dem Keratin in vielen Eigenschaften übereinstimmenden Bestandtheil des Nervensystems, welchen sie aus dem von den Häuten befreiten Rindshirne in folgender Weise darstellen. Dasselbe wird mit Wasser gewaschen, zerkleinert, mit viel kaltem Alkohol erschöpft, von Neuem zerrieben, nochmals mit Alkohol zerrührt, mit Aether erschöpft, an der Luft getrocknet, dann abermals zerrieben, wieder mit Alkohol gekocht, dann mit Wasser ausgepresst, der Pepsinverdauung unterworfen, dann ausgewaschen, 24 Stunden mit schwach salicylsaurer Trypsinlösung (Enzym des Pankreas) digerirt, weitere 6 Stunden bei + 40° in derselben Mischung unter Herstellung schwacher Alkalescenz erhalten, ausgewaschen, nacheinander mit kalter und mit heisser Sodalösung, endlich mit $^1/_2$procentiger Natronlauge erschöpft. Schliesslich wird die Substanz mit wenig Essigsäure vom Alkali befreit, und zum bequemeren Trocknen nochmals mit Alkohol und Aether gewaschen.

Gelbliche, pulverige, sehr harte Substanz, ausgezeichnet durch eine ähnliche Renitenz gegen chemische Agentien, wie die Hornsubstanz. Mit dieser übereinstimmend in Unverdaulichkeit, Unlöslichkeit in kalter Schwefelsäure und Kalilauge, im hohen Schwefelgehalte, sowie in der Beimengung schwefelhaltiger leicht zersetzbarer Stoffe, die Schwefelwasserstoffentwickelung bei seiner Darstellung bedingen. Neurokeratin ist aber viel schwerer löslich in kochender starker Kalilauge, wie Keratin und giebt selbst bei 150° an Eisessig nur sehr wenig ab.

Bei 5stündigem Kochen mit verdünnter Schwefelsäure bleibt etwa $^1/_5$ ungelöst, während Horn unter gleichen Bedingungen sich völlig auflöst. Die Producte sind die gleichen: Tyrosin und Leucin mit Vorwiegen des ersteren.

Bei Behandlung mit Agentien, welche aus Chitin Zucker bilden, wird aus Neurokeratin kein reducirender Körper erhalten. Erhitzt verbreitet es den Geruch nach angebranntem Horn, brennt mit leuchtender Flamme, hinterlässt 1·6 Proc. Asche, enthält Stickstoff und 2·93 Proc. Schwefel.

Das Neurokeratin gehört der grauen Substanz des Nervengewebes an.

A. Ewald u. W. Kühne: Verhandl. des naturh. med. Vereins zu Heidelberg. I. Bd., 5. Hft., 24. Oct. 1876. Extraabdruck.

Neurolsäure.

Neurolsäure. Neurolsäure nennt Köhler ein Zersetzungsproduct des Myeloidins in der Wärme: eine zähe röthliche Flüssigkeit, ähnlich dem Ohrenschmalz von ranzigem Geruch, löslich in Wasser, Alkohol, Aether, fetten und ätherischen Oelen; beim Abdampfen der Lösung sich zersetzend. Die Analyse der Säure führte zur Formel $C_{50}H_{90}PO_{17}$. Die

Neurolsäure hält Köhler für identisch mit der untenstehenden Oleophosphorsäure.

Köhler: l. c.

Oleophosphorsäure. Diese Säure soll nach den Untersuchungen von Frémy und Anderen im Gehirn, Rückenmark, in den Nieren und in der Leber vorkommen. Frémy erhielt sie aus dem Gehirn auf nachstehende Weise: er zerschnitt das Gehirn in kleine Stücke, behandelte es mehrere Male mit siedendem Alkohol und liess es hierauf mehrere Tage mit dieser Flüssigkeit stehen. Darauf presste er die Masse aus, zerstiess sie schnell in einem Mörser und behandelte sie sofort mit Aether zuerst in der Kälte, dann in der Wärme. Nach dem Verdunsten der ätherischen Lösungen wurde der Rückstand in kaltem Aether gelöst, wobei eine weisse Substanz abgeschieden wurde, während die Oleophosphorsäure, zum Theil an Natrium gebunden, gelöst blieb. Der Aether wurde abdestillirt, zur Bindung des Natriums etwas einer Säure hinzugefügt und die Masse mit Alkohol ausgekocht, der beim Erkalten Oleophosphorsäure herausfallen liess. So dargestellt ist übrigens, wie Frémy angiebt, die Säure noch nicht ganz rein, sondern enthält noch Spuren von Cerebrin (Cerebrinsäure) und von Cholesterin. Frèmy beschreibt sie als eine gelbe, klebrige Masse, die in Wasser unlöslich ist, in kochendem Wasser aber aufquillt. Ebensowenig löst sie sich in kaltem Alkohol, reichlich aber in siedendem und noch leichter in Aether. Mit alkalischen Basen bildet sie seifenartige Verbindungen, mit schweren Metallen unlösliche Salze. An der Luft erhitzt, verbrennt sie und hinterlässt eine sehr saure, Phosphorsäure enthaltende Kohle. Durch Kochen mit Wasser, wenn selbes längere Zeit fortgesetzt wird, oder unter denselben Bedingungen mit Alkohol soll sie sich, wie Frémy angiebt, in Olein und Phosphorsäure zersetzen, ebenso unter Mitwirkung einer Säure. Alkalien sollen sie in Phosphorsäure, ölsaure Salze und Glycerin umsetzen.

Oleophosphorsäure.

Diese Untersuchungen bedürfen sämmtlich der Bestätigung.

Frémy: Annal. de Chim. et de Phys. Août 1841, p. 465. Journ. f. prakt. Chem. XXV, 29. Journ. de Pharm. T. XXVI, 769. Compt. rend. T. XI, 763.

Oxymandelsäure. Eine im Harne bei acuter Leberatrophie von Schultzen und Riess mehrmals aufgefundene Säure von der Formel $C_8 H_8 O_4$. Der Harn wurde durch Eindampfen von Leucin und Tyrosin befreit, die Mutterlauge mit absolutem Alkohol ausgefällt, die alkoholische Lösung verdunstet und der syrupartige Rückstand nach Zusatz von verdünnter Schwefelsäure mit Aether erschöpft. Die ätherische Lösung hinterliess beim Verdunsten einen braunen, dünnflüssigen Rückstand, aus welchem sich neben braunen öligen Tropfen lange dünne Nadeln ausschieden. Letztere lösten sich beim Behandeln mit Wasser, und im wässerigen Filtrat gab Bleizucker einen geringen flockigen Niederschlag, der nach kurzem Stehen körnig krystallinisch wurde. Derselbe wurde

Oxymandelsäure.

gut mit Wasser gewaschen und mit Schwefelwassertoff zerlegt. Das Filtrat vom Schwefelblei lieferte nach dem Eindampfen zolllange, farblose, seideglänzende, sehr biegsame Nadeln, die nach wiederholtem Umkrystallisiren bei 162^0 schmolzen. Die Säure enthält Krystallwasser, welches sie schon bei 130^0 verliert. Beim Erhitzen mit Kalkhydrat lieferte sie Oeltropfen, die nach Phenol rochen und mit Eisenchlorid die Phenolreaction gaben. Das Calciumsalz ist krystallisirbar. Eine ähnliche Säure fanden die genannten Beobachter im Harne nach acuter Phosphorvergiftung. Diese Säure war aber stickstoffhaltig und lieferte bei der Destillation mit Kalk Anilin.

Schultzen und Riess: Ann. des Charité-Krankenhauses XV, auch Chem. Centralbl. 1869, S. 680.

Protamin.

Protamin nennt Miescher eine von ihm in den Spermatozoiden des Rheinlachses aufgefundene organische Base, welche darin aber erst zur Zeit der Geschlechtsreife im November auftritt, und zwar in einer salzartigen Verbindung mit Nucleïn (s. S. 135). Zur Darstellung der Base erschöpft man die Masse der isolirten Samenfäden mit Alkohol, extrahirt den Rückstand rasch mit sehr verdünnter Salzsäure, neutralisirt nahezu und fügt die Lösung tropfenweise zu einer Lösung von Platinchlorid. Nach Wochen scheidet sich das Platindoppelsalz körnig krystallinisch ab. Dasselbe ist nahezu unlöslich in Wasser, Alkohol, Chloroform und Benzol, löslich in überschüssiger Salzsäure. Salzsaures und salpetersaures Protamin krystallisiren nur schwierig bei langsamem Verdunsten in Prismen und Säulen, bei rascherem Verdampfen erhält man sie als gummiartige Massen. Beide Salze sind sehr leicht löslich in Wasser, schwer löslich in Alkohol, unlöslich in Aether und schmecken adstringirend bitter. Sie werden durch Phosphormolybdänsäure und Jodquecksilber-Kalium milchig trübe gefällt (auch bei sehr grosser Verdünnung); ebenso durch Ferridcyankalium und durch Platincyankalium. Auch Quecksilberchlorid giebt milchige Trübung, Silbernitrat flockigen Niederschlag. Dampft man eine kleine Probe eines Protaminsalzes vorsichtig mit Salpetersäure ab, so entsteht ein citronengelber Fleck. Mit Natronlauge übergossen, wird derselbe schön roth, welche Färbung beim Erwärmen vorübergehend in Violett übergeht (Xanthinreaction). Die freie Base durch Zersetzung der Phosphormolybdänsäureverbindung mit Baryt und Ausfällung des Baryts durch Kohlensäure dargestellt, ist eine gummiartige Masse, nicht unzersetzt flüchtig, löslich in Wasser zu alkalisch reagirender Lösung, unlöslich in Alkohol und Aether.

Aus der Analyse des Platindoppelsalzes berechnet Miescher für die freie Base die Formel $C_9 H_{20} N_5 O_2$ (OH), für welche jedoch die erhaltenen Zahlen nur sehr ungenügend stimmen (Piccard).

Miescher: Die Spermatozoen einiger Wirbelthiere. Ein Beitrag zur Histiochemie. Verhandl. d. naturf. Gesellsch. zu Basel, VI, Heft I. (1874) S. 138, und Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch., VII (1874), 376. — J. Picard: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VII, 1717.

Pyocyanin. Ein aus durch Eiter blaugefärbten Verbandleinen von Fordos dargestellter blauer Farbstoff. Er erhielt ihn, indem er die Verbandleinen mit schwach ammoniakalischem Wasser auszog, welches sich dabei blau oder grün färbte. Er schüttelte die Lösung mit Chloroform, welches daraus Pyocyanin, Fett und einen gelben Farbstoff aufnahm. Das von der wässerigen Lösung getrennte Chloroform liess er verdunsten, behandelte den Rückstand abermals mit Chloroform und wiederholte diese Procedur noch einmal. So erhielt er es ziemlich rein, aber noch mit etwas gelbem Farbstoff gemengt. Er behandelte hierauf den Rückstand mit etwas Salzsäure, wodurch das Pyocyanin in eine rothe Substanz, eine Verbindung mit Salzsäure, verwandelt wird. Diese Lösung liess er an der Luft eintrocknen und zog sie abermals mit Chloroform aus, welches die fremden Stoffe löste, die salzsaure Verbindung des Pyocyanins aber ungelöst liess. Letztere zerrieb er mit etwas Baryt unter einer Schicht Chloroform, welches sich nun wieder blau färbte und nach dem Verdunsten das Pyocyanin in Krystallen absetzte. Später vereinfachte Fordos das Verfahren, indem er die Verbandstücke mit Wasser extrahirte, dann mit Chloroform schüttelte und diesem den Farbstoff durch mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser entzog, wobei die Lösung desselben roth wird; nach der Neutralisation mit Baryt wird sie wieder blau und giebt an Chloroform das Pyocyanin ab, welches nach dem Verdunsten des Lösungsmittels krystallirt.

Pyocyanin.

So dargestellt, bildet es blaue Prismen (deren Farbe unter Umständen in Grün übergeht), die in Wasser, Weingeist, Aether und Chloroform löslich sind. Die Lösung in Chloroform wird mit der Zeit grün, bei Behandlung mit Aether aber wieder blau, während der Aether einen gelben Farbstoff (Pyoxanthin) aufnimmt. Durch Chlor wird es entfärbt, durch Säuren geröthet, durch Alkalien gebläut. Enthält eine Pyocyaninlösung noch unzersetzten Eiter, so verliert sie in verschlossenen Gefässen nach und nach ihre Farbe, nimmt dieselbe aber beim Schütteln mit Luft wieder an. Dieselbe Entfärbung erleidet sie, wenn sie bei Luftabschluss mit wenig Schwefelnatrium behandelt wird und bläut sich nachher auch wieder an der Luft, sie wird demnach durch Reduction entfärbt, durch Oxydation aber blau. Ammoniak scheint die Bildung des Pyocyanin zu befördern.

Nach Lücke sind die Träger des Pyocyanins Vibrionen, nach Chalvet Pilze. Das Pyocyanin wurde von ersterem in ähnlicher Weise dargestellt uud in blauen oder grünen Prismen erhalten. Die Krystalle sind luftbeständig, schmelzen erst bei höherer Temperatur und zersetzen sich. Mit Säuren färbt es sich roth, mit Alkalien wieder blau. Chlor und Terpentinöl entfärben es vollständig. Aus weingeistigen oder wässerigen alkalischen Lösungen wird es durch Alaun nicht niedergeschlagen.

Nach den Untersuchungen von Herapath scheint übrigens die blaue Färbung eitriger Verbandstücke zuweilen auch von Indigo herzurühren.

Fordos: Compt. rend. T. LI, 215. — Recueil des Travaux de la Soc. d'émulation pour les scienc. pharm. T. III. fascic. 1 pag. 30. — A. Lücke: Langenbeck's Arch. f. Chirurg. Bd. III, 135. — Fordos: Compt. rend. 1863. I, p. 1128. — Delore: Gaz. med. de Paris 1863. Nr. 42 u. 43. — W. Bird Herapeuth: Med. times and gazette. 1864. II, p. 338.

Pyoxanthose.

Pyoxanthose. Ein zuweilen das Pyocyanin begleitender und seine Lösungen grün färbender gelber Farbstoff, welcher den grünen Lösungen des ersteren durch Aether entzogen werden kann. Auch dieser Körper krystallisirt nach Fordos in Prismen von gelber Farbe. Schwer löslich in Wasser, leicht in Alkohol, Aether, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Benzol. Säuren färben ihn roth, Alkalien violett.

Fordos, Compt. rend. 1863. I, p. 1128.

Samandarin.

Samandarin. Ein Körper von basischen Eigenschaften, welchen Zalesky aus dem rahmähnlichen Secrete der Hautdrüsen von *Salamandra maculata* gewann, und der die giftigen Eigenschaften dieses Secretes besitzt. Wurde durch Fällung des heiss bereiteten wässerigen Auszuges des Secretes mit Phosphormolybdänsäure, Lösung des Niederschlages in Barytwasser, Einleiten von Kohlensäure zur Ausfällung des Baryts, Filtriren und Eindampfen des Filtrats in einer Retorte im Wasserstoffstrome dargestellt. Dabei bildeten sich Nadeln eines Hydrates, die beim Trocknen sich in eine amorphe Masse verwandeln. Die Base ist sehr leicht zersetzbar, in Wasser und Alkohol leicht löslich. Die Lösungen reagiren alkalisch. Liefert mit Säuren wenig beständige neutrale Salze. Das Platindoppelsalz zersetzt sich sofort, und liefert beim Trocknen eine blaue Masse.

Zalesky: Med. chem. Untersuch. von Hoppe-Seyler, Hft. I, 1866.

Serolin.

Serolin. Diese Substanz wurde von Boudet im Rückstande des Blutserums nachgewiesen und durch Auskochen desselben mit Alkohol erhalten. Bei gewöhnlicher Temperatur bildet es perlmutterglänzende Flocken, welche unter dem Mikroskope theils in parallel an einander gelagerten, theils fächerförmig gruppirten, theils gekreuzten Nadeln erscheinen; es löst sich sehr wenig in kaltem Alkohol, aber ziemlich leicht in heissem und in Aether; mit Wasser bildet es keine Emulsion; es ist neutral, schmilzt bei 36^0 C., und scheint theilweise unverändert überzudestilliren; es soll stickstoffhaltig sein. Von Alkalien wird es nicht verseift.

Gobley glaubt das Serolin als ein Gemenge von Fett und Albumin erkannt zu haben.

Boudet: Ann. de Chim. et de Phys. T. LII, 337. — Gobley: Journ. de Pharm. et de Chim. T. XXI, 253.

Skatol.

Skatol. Ein flüchtiger, dem Indol ähnlicher Körper, von L. Brieger als constanter Bestandtheil der menschlichen Fäces nachgewiesen.

Zu seiner Darstellung werden 5 bis 6 Kilo frischer Fäces mit 8 Liter Wasser zu einem Brei angerührt, mit 150 bis 200 Cbm 30proc. Essigsäure angesäuert und in einer kupfernen Blase auf dem Sandbade destillirt, bis die Menge des Destillates etwa 6 Liter beträgt. Das Destillat wird mit Natron neutralisirt, mit Aether ausgeschüttelt, und die ätherische Lösung bis auf ein kleines Volumen abdestillirt. Dieselbe in einer kleinen Schale weiter verdunstet, hinterlässt einen geringen öligen Rückstand, der beim Stehen an der Luft meistentheils krystallinisch erstarrt. Dieser Rückstand mit wenig heissem Wasser gekocht, liefert beim Erkalten der heiss filtrirten Lösung Skatol in glänzenden, dem Indol ähnlichen Blättchen, welche durch Umkrystallisiren aus Wasser schneeweiss erhalten werden. Das Skatol riecht äusserst unangenehm, specifisch fäcal, schmilzt bei + 93 bis 95°, ist in Wasser schwerer löslich wie Indol, wird von Chlorwasser nicht gefärbt, und giebt seine wässerige Lösung mit rauchender Salpetersäure keinen rothen Niederschlag, sondern eine weisse Trübung. Es ist stickstoffhaltig, doch gaben die Elementaranalysen keine übereinstimmende Zahlen. Es bildet die Hauptmenge der aromatischen flüchtigen Bestandtheile der menschlichen Fäces. Skatol, Kaninchen subcutan injicirt, geht als ein Chromogen in den Harn über. Der nach fünf Stunden entnommene Harn giebt mit roher Salzsäure eine violettrothe Färbung. Menschlicher Harn giebt nach Jaffé mit Salzsäure und Chlorkalk versetzt, eine rothe oder violette Färbung, welche nicht von Indican herrührt. Demnach scheint es, als ob Skatol ein Bestandtheil des menschlichen Harnes wäre.

L. Brieger: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. X, 1027.

Tetronerythrin.

Tetronerythrin nennt Wurm den rothen Farbstoff in der „Rose" dem rothen warzigen Flecke über den Augen des Auerhahns und Birkhahns. Derselbe ist in Chloroform löslich, ebenso in Schwefelkohlenstoff und Aether, und hinterlässt bei der Behandlung mit letzterem eine geringe Menge farbloser Substanz. Der durch Extraction mit Aether erhaltene Farbstoff schmilzt leicht wie Wachs, und erstarrt beim Erkalten körnig ohne deutliche Krystallisation. In Alkalien ist er in der Kälte nicht löslich, in kochender Salpetersäure unter Zersetzung.

Wurm: Zeitschr. f. wissensch. Zool. 1871.

Turacin.

Turacin. Aus vier Species von *Turaco* (Pisamfresser) erhielt Church ein eigenthümliches rothes Pigment, welches aus den Flügelfedern dieser Vögel mit verdünnten Alkalien ausgezogen, und aus dieser Lösung unverändert durch Säuren wieder gefällt werden konnte. Es unterscheidet sich von allen bis jetzt bekannten Pigmenten dadurch, dass es an 6 Proc. (5·9) Kupfer enthält, welches ohne Zerstörung des Farbstoffs nicht daraus entfernt werden kann. Das Spectrum dieses Farbstoffs zeigt zwei Absorptionsstreifen.

Church: Chem. News XIX, 265.

Urocaninsäure.

Urocaninsäure nennt Jaffé eine von ihm im Harne eines Hundes aufgefundene, später aber in dem Harne anderer Hunde vergeblich gesuchte stickstoffhaltige organische Verbindung, die nach ihrem Verhalten halb Säure und halb Basis ist. Jaffé erhielt sie, indem er den Harn auf dem Wasserbade zum Syrup eindampfte und wiederholt mit heissem Alkohol extrahirte. Von den vereinigten Auszügen wurde nach 12 bis 14stündigem Stehen der Alkohol abdestillirt, der Rückstand mit verdünnter Schwefelsäure stark angesäuert und wiederholt mit Aether ausgeschüttelt. Von der ätherischen Lösung getrennt, erstarrte der saure Harnrückstand zu einem Krystallbrei des schwefelsauren Salzes, welches durch Auswaschen mit wenig Wasser und mit Alkohol vom Harnstoff befreit und durch Umkrystallisiren gereinigt wurde.

Aus der schwefelsauren Verbindung durch vorsichtige Behandlung mit Baryt abgeschieden, besass die Urocaninsäure nachstehende Eigenschaften:

Lange, farblose, dünne Prismen oder Nadeln, in kaltem Wasser sehr schwer, in heissem leicht löslich, in Aether und Alkohol unlöslich. Enthält Krystallwasser, welches bei 105° leicht entweicht, bis auf 212° erhitzt, schmilzt sie unter Zersetzung. Die Analysen führten zur Formel $C_6H_6N_2O_2 + 2H_2O$.

Liefert mit Mineralsäuren: Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure gut krystallisirende Verbindungen, besitzt aber auch basische Eigenschaften.

Beim Schmelzen wird sie unter Bildung einer starken Base: Urocanin zersetzt. Letztere, sowie auch ihre Salze konnten nicht krystallisirt erhalten werden. Das Platindoppelsalz jedoch stellte rothe mikroskopische Nadeln dar. Aus der Analyse desselben liess sich für das Urocanin die Formel $C_{11}H_{10}N_4O$ ableiten. Das Urocanin entsteht aus der Urocaninsäure, deren oben gegebene Formel dann verdoppelt werden muss, unter Abspaltung von Kohlensäure und Wasser wahrscheinlich nach der Gleichung:

$$C_{12}H_{12}N_4O_4 - CO_2 - H_2O = C_{11}H_{10}N_4O.$$

Ein ähnliches Verhalten zeigt (vergl. S. 267) die Kynurensäure beim Erhitzen.

Jaffé: Ber. d. deutschen chem. Gesellsch. VII, 1669. VIII, 811.

Urofuscohämatin.

Urofuscohämatin. Ein Farbstoff, welchen Baumstark neben dem untenfolgenden Urorubrohämatin in dem Harne eines an Lepra Leidenden nachwies. Der dunkelrothe, fast schwarz gefärbte Harn wurde der Dialyse unterworfen, der Rückstand auf dem Dialysator: eine braune, schlammartige Masse, in Natronlauge gelöst und mit einer Säure übersättigt, wobei das Urofuscohämatin herausfiel. Dasselbe stellte eine schwarze, pechartige glänzende Masse dar, unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether und Chloroform, löslich dagegen in kaustischen, kohlensauren und

phosphorsauren Alkalien, sowie in säurehaltigem Alkohol. Seine Lösungen zeigen keinen Dichroismus und geben spectroscopisch geprüft einen Schatten zwischen *D* und *E* und einen zweiten schwer sichtbaren vor *F*. Formel: $C_{68}\,H_{106}\,N_8\,O_{26}$ (??).

Urorubrohämatin.

Urorubrohämatin. Dieser Farbstoff blieb bei dem Ansäuern der Natronlösung des Dialysatorrückstandes in Lösung; der Dialyse unterworfen, schied er sich nun wieder ab: Blauschwarze leichte Masse, von den gleichen Lösungsverhältnissen wie jene des Urofuscohämatins. Seine Lösungen sind magentaroth gefärbt, zeigen keinen Dichroismus und die mit säurehaltigem Alkohol bereiteten ein schmales Absorptionsband vor *D* und ein breites hinter *D*, so dass es scheint, als wäre das Oxyhämoglobinspectrum nach links verschoben, doch stehen auch die Bänder näher aneinander. Beim Verdünnen verschwindet das schmale Band zuerst. Alkalische Lösungen zeigen ein Band rechts von *D*, eines bei *E*, ein breites rechts von *F* und eines rechts von *G*, ohne dass das Blau zwischen letzteren absorbirt wird. Alle vier Bänder nehmen beim Verdünnen gleichmässig ab. Diesem Farbstoff giebt Baumstark die Formel $C_{68}\,H_{94}\,N_8\,Fe\,O_{26}$ (??). Beide Farbstoffe liefern bei der trockenen Destillation ein Destillat, welches die Pyrrholreactionen giebt.

Baumstark: Ber. der deutschen chem. Gesellsch. VII, 1170. — Arch. f. Physiol. IX, 568.

Dritter Abschnitt.

Chemie der thierischen Flüssigkeiten, Gewebe und Organe.

Thierische Flüssigkeiten.

I. Chemie des Blutes.

Literatur: **Allgemeine Werke und Abhandl.** Prévost u. Dumas: Examen du sang et de son action dans les divers phénoménes de la vie. (Bibl. univ. de Genève XVII). — Denis: Recherches expérim. sur le sang humain. Paris 1838. — Derselbe: Essai sur l'application de la chimie à l'étude physiol. du sang. 1838. — Derselbe: Nouvelles études sur les matiéres albumineuses. Paris 1856. — Derselbe: Compt. rend. 1861. I, 1239. — Lecanu: Études chim. sur le sang humain. Paris 1837. — Andral u. Gavarret: Recherches sur les modifications de proportion de quelques principes du sang dans les maladies. Ann. d. chim. et de phys. (2) LXXV. — Andral, Gavarret u. Delafond: Recherches sur la composition du sang de quelques animaux domestiques Ann. d. chim. V. — Becquerel u. Rodier: Recherches sur la composition du sang etc. Paris 1844. — H. Nasse: Handwörterb. d. Physiol. I, 75. — Derselbe: Journ. f. pr. Chem. XXVIII. — Poggiale: Recherches chimiques sur le sang. Compt. rend. XXV. — C. Schmidt: Charakteristik der epid. Cholera. Mitau 1850. — Eichwald jun.: Beitr. zur Chemie der gewebebild. Substanzen. Berlin 1873. — Zuntz: Beitr. zur Physiol. des Blutes. Dissert. Bonn 1868. — **Gerinnung**: Thakrah: An inquiry into the nature and properties of the blood. London 1819. — Scudamore: Essay on blood. London 1824. — Richardson: On the cause of the coagulation of the blood. London 1858. — Lister: Edinb. med. Journ. April 1858. — E. Brücke: Arch. f. path. Anat. XII, 81. 172. — Derselbe: Vorles. über Physiol. I, 99. — Al. Schmidt: Chem. Centralblatt 1861, S. 403. — Derselbe: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1861, S. 544. 678. — Derselbe: ebenda 1862, S. 428. 533. — Derselbe: Arch. f. path. Anat.

XXIX, 1. — Derselbe: Arch. f. Physiol. VI, 421. 439. 417. 457. 473. — Derselbe: ebenda XI, 294. 307. 331. 369. 523. 541. 537. — Derselbe: XIII. 120. 135. 157. — Derselbe· Die Lehre von den ferment. Gerinnungserscheinungen. Dorpat 1876. — Heynsius: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1870. Nr. 25. — Derselbe: Arch. f. Physiol. III, 404. — Mantegazza: Ricerche sperimentali sull' origine della fibrina e sulla cause della coagulazione di sangue. Milano 1871. — Albini: Studij sulla coagulazione del sangue. Napoli 1872. — Lussana: Sull' origine della fibrina. Lo sperimentale XXX, 577. — Matthieu u. Urbain: Compt. rend. LXXIX, 665. — Dieselben: Bullet. de la soc. chimique XXIII, 483. — A. Gautier: ebenda XXIII, 530. — Glénard: ebenda XXIV, 517. — Polli: Ann. di chimica applicata alla medicina LVII, 270. — Naunyn: Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmak. I, 1. — Landois: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1874, Nr. 27. — O. Hammarsten: Upsala läkare foerenings förhandlingar XI. — Derselbe: Arch. f. Physiol. XIII, 146. — Derselbe: ebenda XIV, 211. — Matthieu u. Urbain: Compt. rend. LXXXII, 515. — Grünhagen: Zeitschr. f. rat. Med. XXXVI, 239. — Alchin: Journ. of anat. and physiol. II, 278. — S. Mayer: Wien. akad. Sitzungsber. 1867 (2. Abth.) Juni. — Schöffer: Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1867. Nr. 54. — Zuntz: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1867, Nr. 51. — Pflüger: Arch. f. Physiol. I, 274. — Boll: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1870, S. 718. — Plósz u. Györgyai: Arch. f. exper. Path. u. Pharm. II, 4. — **Blutgase**: Magnus: Poggend. Ann. d. Phys. u. Ch. XXXVI, 685. — Derselbe: ebenda LVI, 177. — Lothar Meyer: Zeitschr. f. rat. Med. N. F. VIII, 256. — Setschenow: Wien. akad. Sitzungsber. 1859. XXXVI, 293. — Derselbe: Zeitschr. f. rat. Med. X, 101. 285. — Derselbe: Arch. f. Physiol. VIII, 1. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1877, Nr. 35. — Schöffer: Wien. akad. Sitzungsber. XLI, 519. — J. Sachs: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863, S. 344. — Nawrocki: Studien des physiol. Instituts zu Breslau II, 144. — Preyer: Wien. akad. Sitzungsber. XLIX. — Derselbe: Zeitschr. f. rat. Med. (3) XXI, 197. — Sczelkow: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1864, S. 516. — Pflüger: Die Kohlensäure des Blutes. Bonn 1864. — Estor u. Saint-Pierre: Compt. rend. 1864. II, 1013. — Hoppe-Seyler: Arch. f. path. Anat. XI, 288. — Derselbe; ebenda XIII, 104. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1865. Nr. 4. — Lothar Meyer: De sanguine oxydo carbonico infecto Dissert. Wratislaw. 1858. — Cl. Bernard: Leçons sur les effets des substances toxiques Paris 1857. — Pokrowsky: Arch. f. path. Anat. XXX, 525. — L. Hermann: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1865. Nr. 47. — C. Ludwig: Wien. med. Jahrb. XXI, 145 (Zusammenstellung der Untersuchungen über die Blutgase.) — Zuntz: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1867. Nr. 34 u. 51. — Hering: Ueber die Zusammensetzung der Blutgase während der Apnoe. Dissert. Dorpat. 1867. — Pflüger: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1867, Nr. 46. — Derselbe: Arch. f. Physiol. I, 361. — Diakonow: Med. chem. Unters. von Hoppe-Seyler II, 251. — Koschlakoff u. Popoff: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1867, Nr. 26. — Bert: Gaz. méd. de Paris 1868, p. 131. — Worm-Müller: Ber. d. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1870, 12. Dec.; Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1871, S. 278. — Bistrow: Zeitschr. f. Chemie 1868, S. 131. — Zuntz: Berl. klin. Wochenschr. 1870, S. 185. — Bernstein: Ber. d. sächs. Ges. d. Wissensch. 1870, 2. Juni. — Wolffberg: Arch. f. Physiol. IV, 465. — Strassburg: ebenda IV, 454. — Matthieu u. Urbain: Compt. rend. LXXIII, 216. — Dieselben: ebenda LXXIV, 190. — Gréhant: Gaz. méd. de Paris 1871. 15. — Derselbe: Compt. rend. LXXV, 495. — Derselbe: Compt. rend. LXXVI, 233. — Donders: Arch. f. Physiol. V, 24. — Zuntz: Arch. f. Physiol. V, 584. — Podolinski: Arch. f. Physiol. VI, 553. — Bert:

Compt. rend. LXXV, 29. 88. 491. 543. — Estor u. Saint-Pierre: Compt. rend. LXXIV, 257. 330. — Bert: Compt. rend. LXXX, 733. — L. Hermann: Arch. f. Physiol. X, 86. — Stroganow: Arch. f. Physiol. XII, 18. — Affonassieff: Ber. der sächs. Gesellsch. der Wissensch. XXV, 253. — Quinquaud: Compt. rend. LXXVI, 1489; LXXVII, 487. — Tschirieff: Ber. d. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1874. — Jolyet: Gaz. méd. de Paris 1874. 338. — **Blutbestandtheile, quantitative Verhältnisse etc.:** Quincke: Arch. f. path. Anat. LIV, 537. — Sanson: Archives of medicine II, 170. — Denis: Compt. rend. 1861. 1, 1239. — A. Schmidt: Ueber Ozon im Blute. Dorpat 1862. — Bursy: Ueber den Einfluss einiger Salze auf die Krystallisation des Blutes. Dorpat 1863. — v. Wittich: Königsberg. med. Jahrb. III, 332. — Bötticher: Arch. f. path. Anat. XXVII, 465; XXXIV, 126. — A. Rollet: Wien. akad. Sitzungsber. XLVI, (1862); XLVII, 356. (Juli 1864.) — Valentin: Arch. f. path. Anat. XXVII, 215. — Schönbein: Journ. f. pr. Chem. LXXXIX, 22. — Panum: Arch. f. path. Anat. XXVII, 240; XXIX, 241. 482. — Speck: Arch. f. wissensch. Heilk. 1864, S. 232. — Hoppe-Seyler: Med. chem. Unters. — G. Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. XXXI. — Leared: Proceed. of the r. soc. XVIII, 16. — Jüdell: Med. chem. Unters. v. Hoppe-Seyler III. 386. — Preyer: Die Blutkrystalle. Jena 1871. — Lauder Brunton: Journ. of Anat. and Physiol. IV, 1869, Nov. — Jarisch: Wien. med. Jahrb. 1871, S. 435. — Derselbe: Wien. med. Jahrb. 1876, Heft 1. — Salkowski: Arch. f. path. Anat. LIII, 309. — Plósz: Med. chem. Unters. v. Hoppe-Seyler IV, 461. — Ssubotin: Zeitschr. f. Biol. VII, 185. — Fleischhauer: Ekhard's Beitr. z. Anat. u. Physiol. VI, 97. — Hoppe-Seyler: Med. chem. Unters. IV, 550. — Leven: Gaz. méd. de Paris 1871, p. 493. — Tiegel: Arch. f. Physiol. VI, 249. — Plósz u. Tiegel: ebenda VII, 391. — C. Schmidt: Zur vergl. Physiol. Mitau 1846. — v. Bibra u. Harless: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1847. 148. — Schlossberger: Ann. d. Chem. u. Pharm. CII, S. 86. — F. A. Genth: ebenda LXXXI, 86. — Drechsel: Ber. d. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1875, 21. Juli. — Lassar: Arch. f. Physiol. IX, 44. — Hiller: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1874, S. 370. — Rawitsch: ebenda, S. 370. — F. Falk: Arch. f. path. Anat. LIX, 26. — Feltz u. Ritter: Compt. rend. LXXIX, 324. — Mallassez: Gaz. méd. de Paris 1874 Nr. 14. 2. — Mallassez u. Picard: Compt. rend. LXXIX, 1511. — A. Ewald: Berl. klin. Wochenschr. 1875, Nr. 51 u. 52. — Abeles: Wien. med. Jahrb. 1875, S. 269. — Cl. Bernard: Ann. de chimie et de physique (5. Ser.), IX, 207. — Pflüger: Arch. f. Physiol. X, 252. — Bunge: Zeitschr. f. Biol. XII, 191. — Rabuteau u. Papillon: Compt. rend. LXXVII, 135. — Jolyet: Gaz. méd. de Paris 1874, p. 338. — Picard: Compt. rend. 1874, Nov. — Ed. Hofmann: Ber. d. naturh. Vereins in Innspruck. IV. 39. — Bock u. Hoffmann: Experimentalstudien über Diabetes. Berlin 1874. — A. Rajewsky: Arch. f. Physiol. XII, 70. — Vierordt: Physiol. Spectralanalysen. Zeitschr. f. Biol. XI, 188. — Derselbe: Die quantitat. Spectralanalyse in ihrer Anwendung auf Physiologie, Physik etc. Tübingen 1876. — Axel Jäderholm: Nordiskt medicinskt Arkiv VIII, Nr. 12. — M. Wiskemann: Zeitschr. f. Biol. XII, 434. — Korniloff: ebenda XII, 515. — Alb. Schmidt: Preyer's Samml. physiol. Arbeiten I, 3. Hft. 1876. — Picard: Compt. rend. LXXXIII. 91. 1179. — Yvon: Gaz. méd. de Paris. 1876, p. 602. — Pavy: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1877, Nr. 33 u. 35. — H. Nasse: Marburg. Sitzungsber. 1877, Nr. 3. — Derselbe: Arch. f. Gynakol. X, 315. — Hiller u. Wagner: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1877, Nr. 32 u. 33. — **(Blutflecken):** C. Schmidt: Diagnostik verdächt. Flecke in Criminalfällen. — Morin: Faits pour servir á l'histoire du sang etc. — Otto: Anleit. zur Ausmittl. d. Gifte. — Handwörterb. d. r. u. a. Chemie Bd. II, 2te Aufl.

2te Abth. Artikel: Blutflecken S. 177. — Brücke: Med. Wochenschr. Nr. 23. 1857. — G. Büchner u. Simon: Arch. f. path. Anat. XV, 50. — Bryk: Wien. med. Wochenschr. Nr. 42—45. 1858. — Virchow: Arch. f. path. Anat. XII, 334. — Scriba: N. Jahrb. f. Pharm. XVI, 129. — Pfaff: Casper's Vierteljahrsschrift f. ger. Med. XIX, 236. — C. L. Erdmann: Journ. f. prakt. Chem. LXXXV, 1. — Wessel: Arch. d. Pharm. CXVIII, 217. — Kunze: Casper's Vierteljahrsschrift XXV, 262. — Gwosdew: Zeitschr. f. Chem. 1867. S. 27. — Gunning: Chem. Centralbl. 1871. S. 57. — A. Rollett: Mitth. des Vereins der Aerzte in Steyermark 1875/76. Separatabdruck. — Malinin: Arch. f. path. Anat. LVI, 528. — A. Jäderholm: Nordiskt medicinst Arkiv. VI. S. 11 u. 12. — Berg: Hygiea (Stockholm) XXXV. 1873. — Sonnenschein: Zeitschr. f. analyt. Chemie XII, 344. — Virchow: Arch. f. path. Anat. XII. 334. — Brücke: Vorlesung. über Physiol. I, 76. — Cazeneuve: Compt. rend. LXXXIV. Nr. 10. — Vgl. ferner die vollständige Zusammenstellung der älteren Literatur über die forensische Untersuchung von Blutflecken von Huppert in Schmidt's Jahrb. der ger. Med. CXVI, S. 273 u. ff.

In den Blutgefässen des Thierkörpers, einem geschlossenen, aber mit den Röhren des Lymph- und Chylussystems communicirenden Röhrensysteme circulirt während des Lebens das Blut. Indem die Wände dieser Röhren für osmotische Strömungen permeable Membranen darstellen, treten in Form wässeriger Lösungen beständig gewisse Bestandtheile des Blutes in die Gewebe und Organe aus, während andere Stoffe aus den letzteren in das Blut übergehen. Indem endlich auch noch der Inhalt der Lymph- und Chylusgefässe in den Blutstrom mündet, erhält derselbe fort und fort neue Stoffe zugeführt, und es ist die Zusammensetzung des Blutes eine nach Zeit und Ort innerhalb gewisser Grenzen wechselnde.

Bei der nachstehenden Schilderung der Eigenschaften und der Zusammensetzung des Blutes halten wir uns zunächst an das Blut des Menschen und der höheren Wirbelthiere.

Physikalische Charaktere.

Physikalische Charaktere. Das Blut der Menschen und der höheren Wirbelthiere stellt eine dickliche, sich klebrig anfühlende, hell- bis dunkel-kirschrothe, vollkommen undurchsichtige Flüssigkeit dar, von schwachem aber eigenthümlichem Geruch und fade-salzigem Geschmack. Das specifische Gewicht des menschlichen Blutes schwankt innerhalb der physiologischen Grenzen von 1·045 bis 1·075, seine Temperatur, so lange dasselbe in den Adern kreist, beträgt zwischen 34·02° und 41·3° C.

Optisches Verhalten des Blutes.

Optisches Verhalten des Blutes. Bringt man sauerstoffhaltiges Blut von passender Verdünnung mit Wasser in Glasgefässen mit planparallelen Wänden von 1 Centimeter Abstand vor den Spalt des Spectralapparates, mittelst welchen man das Sonnenspectrum beobachtet, so zeigen sich die beiden charakteristischen Absorptionsstreifen des Oxyhämoglobins. Vergl. die Tafel S. 162, Fig. 1.

Treibt man den im Blute enthaltenen Sauerstoff durch Kohlensäure- oder Wasserstoffgas aus, so erhält man bei starker Verdünnung mit Wasser den breiten diffusen Absorptionsstreifen des reducirten Hämoglobins. Vergl. die oben citirte Tafel Fig. 2.

Anatomische Charaktere.

Anatomische Charaktere. Die anatomische Analyse zerlegt das Blut in festes, aufgeschwemmtes: in die histiologischen Formelemente des Blutes und in das Plasma oder den Liquor sanguinis, eine Flüssigkeit, in der gewisse Blutbestandtheile gelöst sind.

Zu den aufgeschwemmten Blutbestandtheilen zählen:

a) Die Blutkörperchen (Blutzellen, Blutscheiben, rothe Blutkörperchen).
b) die Lymphkörperchen (farblose Blutzellen).
c) die Molekularkörnchen.

Blutkörperchen.

Die Blutkörperchen des Menschen erscheinen bei der mikroskopischen Untersuchung des Blutes als kreisrunde, zart aber scharf contourirte gelbliche Scheiben, deren Farbe erst dann, wenn mehrere aufeinander liegen, röthlich bis roth erscheint. Aus Welcker's Messungen ergiebt sich als mittlerer Flächendurchmesser für die menschlichen Blutkörperchen 0·00774 Millimeter bei einer Dicke von 0·0019 Millimeter. Auf der Fläche liegend, nehmen sie sich wie eine Concavlinse aus, während sie auf dem Rande stehend das Ansehen eines Biscuits darbieten. Aus diesem Verhalten, sowie auch aus ihren Lichtbrechungsverhältnissen schliessen wir, dass die Blutkörperchen biconcave Scheiben mit abgerundeten und etwas aufgewulsteten Rändern darstellen. Ihr Inhalt ist meist vollkommen klar und homogen, zuweilen aber körnig. Ueber die mikroskopischen Charaktere des menschlichen Blutes vgl. Funke: Atl. 2. Ausg., Taf. XI und XII. Die rothe Farbe und die Undurchsichtigkeit des Blutes rühren von den Blutkörperchen her, deren Zahl im Blute eine so ungeheure ist, dass nach den Zählungen von Vierordt und H. Welker in einem Cubikmillimeter Blut 4 bis $5\frac{1}{2}$ Millionen Stück enthalten sind.

Farblose Blutkörperchen.

Die Lymphkörperchen oder farblosen Blutkörperchen, ebenfalls nur unter dem Mikroskope wahrnehmbar, sind kreisrunde oder rundliche, in einzelnen Fällen etwas abgeflachte Zellen von ungefähr 0·004 Linien Durchmesser, doch zeigen sie nicht unbeträchtliche Grössenverschiedenheiten. Sie sind farblos und ihr Inhalt ist ein feinkörniger, ihre Contouren endlich sind höckerig. Sie enthalten einen mehr oder minder deutlichen Kern, der entweder schon auf Zusatz von Wasser, oder nach Einwirkung von Essigsäure, hier besonders deutlich, hervortritt. Man kann annehmen, dass auf 1000 rothe Blutkörperchen etwa 1 bis 2 farblose kommen. Doch zeigt ihre Menge Schwankungen, die von verschiedenen Momenten abhängig erscheinen.

Bei einer merkwürdigen, Leukämie genannten Krankheit findet eine so bedeutende Vermehrung derselben statt, dass sie den rothen an Zahl gleichkommen, oder dieselben wohl gar übertreffen.

Chemische Bestandtheile des Blutes im Allgemeinen.

Chemische Bestandtheile des Blutes im Allgemeinen.

Wenn wir von der anatomischen Zergliederung des Blutes in Formelemente und Intercellularflüssigkeit (Plasma) vorläufig absehen und zunächst nur ins Auge fassen, welche Bestandtheile die Chemie im Blute des Menschen und der Wirbelthiere überhaupt nachgewiesen hat, so finden wir Folgendes.

Normale und constante Bestandtheile des Blutes.

Als solche sehen wir an:

Constante Bestandtheile.

Wasser, Eiweisskörper, und zwar: die unten unter Blutplasma angeführten, Hämoglobin (im arteriellen Blute zum grössten Theile als Oxyhämoglobin), Stearinsäure-, Palmitinsäure- und Oelsäure-Glycerid (Fette), Lecithin (vorzugsweise aus seinen Zersetzungsproducten: Glycerinphosphorsäure etc. erschlossen), Cholesterin, Traubenzucker, Harnstoff, Kreatin, Kreatinin.

Von anorganischen Stoffen: Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, an Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kohlensäure und Chlor gebunden, Eisen, Mangan, Silicium. An Gasen: Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure.

Von diesen genannten Stoffen sind einige nur in sehr geringer Menge im Blute enthalten, so dass ihre Menge entweder nicht, oder nur in Ausnahmsfällen bestimmt werden konnte, ja es fragt sich, ob diese Stoffe unter allen Umständen im Blute nachweisbar sind. Es gehören dazu: Harnstoff, Zucker, Kreatin, Kreatinin und Cholesterin.

Nach Tiegel und Plósz ist endlich in den Blutkörperchen ein zuckerbildendes Ferment enthalten, welches aber erst nach Zerstörung derselben wirksam wird.

Nicht constante Bestandtheile des Blutes.

Nicht constante Bestandtheile.

Wir zählen hierher alle jene Stoffe, deren Existenz nicht mit voller wissenschaftlicher Sicherheit nachgewiesen ist, — die bisher nur unter pathologischen Verhältnissen aufgefunden wurden, — oder deren Vorkommen von bestimmten Bedingungen abhängig ist. Als solche betrachten wir:

Flüchtige Säuren der Formel $C_n H_{2n} O_2$: Ameisensäure, Essigsäure und Buttersäure; Harnsäure und Hypoxanthin (im Blute der Hühner scheint Harnsäure constant vorzukommen, G. Meissner); Hip-

pursäure und Bernsteinsäure (bei Pflanzenfressern); Gallensäuren; Gallenpigmente; ein glutinähnlicher Körper: Pseudoglutin; Milchsäure; Indican; eine eigenthümliche, Kupferoxydsalze reducirende, beim Erhitzen Caramelgeruch verbreitende Säure (Verdeil und Dollfus, Mialhe); Inosit (?) im Rindsblute (Marmé); Rodanalkali (Leared), Leucin und Tyrosin; Carbaminsäure (Drechsel). Von anorganischen Stoffen: Fluor (?), kohlensaures Ammonium, Spuren von Lithium, von Blei und Kupfer.

Die meisten dieser Stoffe sind nur im Blute bei verschiedenen Krankheiten nachgewiesen.

Extractivstoffe.

Wenn aus dem Blute alle die genannten Stoffe abgeschieden sind, so bleibt eine nicht unbeträchtliche Menge unkrystallisirbarer, in Wasser löslicher, in Alkohol nur zum Theil löslicher Materien von brauner Farbe und extractartiger Consistenz zurück, deren chemische Natur noch unbekannt ist. Man hat sie Extractivstoffe genannt. Wir haben sie unter den Normalbestandtheilen des Blutes weiter oben absichtlich nicht aufgezählt, weil wir dort nur von wohl charakterisirten chemischen Individuen gesprochen haben; die Extractivstoffe aber sind Gemenge uns vorläufig noch unbekannter Stoffe. Die Menge dieser Extractivstoffe vermindert sich mit der fortschreitenden Entwickelung der Wissenschaft.

Chemische Bestandtheile der rothen Blutkörperchen.

Chemische Bestandtheile der rothen Blutkörperchen.

Die chemische Analyse hat als Bestandtheile der Blutkörperchen zum Theil direct nachgewiesen, zum Theil durch Induction erschlossen:

Wasser, Hämoglobin, wohl deren Hauptmasse bildend, in Aether lösliche phosphorhaltige fettähnliche Stoffe: Lecithin und seine Zersetzungsproducte, worunter Glycerinphosphorsäure, wahrscheinlich constituirender Bestandtheil des Blutkörperchenstromes (L. Hermann). Ihre anorganischen Bestandtheile sind vorzugsweise phosphorsaure Alkalien, namentlich Kaliumphosphat und das dem Hämoglobin zukommende Eisen. Die Blutkörperchen enthalten endlich auf mechanischem Wege abscheidbare Gase und zwar insbesondere Sauerstoffgas, wie wir bereits erörtert haben.

Chemische Bestandtheile des Blutplasmas.

Chemische Bestandtheile des Blutplasmas.

Dieselben sind folgende: Wasser, Eiweisskörper und zwar: Serumalbumin, Paraglobulin (Serumcaseïn von Panum, Paraglobulin von Brücke, fibrinoplastische Substanz von A. Schmidt), Fibrinogen (?); (Serumcaseïn von Kühne und Eichwald — sodann

Fette, Cholesterin, Seifen (?), Zucker, Harnstoff, Kreatin, Kreatinin, die oben aufgeführten anorganische Stoffe des Gesammtblutes mit Ausnahme des Eisens und Gase, worunter vorzugsweise Kohlensäure und Stickstoff. Auch die als nicht constante Bestandtheile des Blutes bezeichneten, dürften wohl sämmtlich oder grösstentheils, vielleicht mit Ausnahme der Zersetzungsproducte des Lecithins dem Plasma angehören, doch fehlt es durchaus an entscheidenden Beweisen dafür.

Nach dem Angeführten erscheinen das eisenhaltige Hämoglobin, Lecithin und die phosphorhaltigen Fette den Blutkörperchen eigenthümlich, während dem Plasma ausschliesslich die oben verzeichneten Eiweisskörper, Fette, Zucker, Harnstoff, Kreatin u. s. w. angehören. Doch ist zu bemerken, dass Cerebrin (Protagon) bereits von Chevreul und Gobley als ein Bestandtheil des Blutserums angegeben wird; Gobley betrachtet das Serolin Boudet's als ein Gemenge von Fetten, Cholesterin und Cerebrin.

Diejenigen Stoffe, welche sich ebensowohl in den Blutkörperchen als im Plasma vorfinden, sind hier ihrer Menge nach sehr ungleich vertheilt, wie wir weiter unten zu erörtern Gelegenheit haben werden.

Allgemeines chemisches Verhalten des Blutes.

Gerinnung des Blutes.

Wenn das Blut dem Lebenseinflusse und der Berührung mit der Gefässwand entzogen ist, sei es, dass mit dem Aufhören des Lebens die Thätigkeit des Herzens aufhört, oder sei es, dass dasselbe aus der Ader gelassen wird, beginnt in ihm eine Reihe von Veränderungen, die ihren Abschluss in der vollendeten Gerinnung findet, einem Vorgange, welcher in der durch die ganze Masse des Blutes gleichförmig und nahezu gleichzeitig erfolgenden Ausscheidung des Fibrins begründet ist. Das sich ausscheidende Fibrin schliesst die Blutkörperchen in sich ein, zieht sich mehr und mehr zusammen und bildet den Blutkuchen (auch wohl Cruor geheissen); die aufgelöst bleibenden Bestandtheile des Blutes: das Plasma minus des Fibrins bilden das Serum (Blutserum, Blutwasser). Der Gerinnung selbst geht vorher: Abnahme der alkalischen Reaction des Blutes, welche vom Augenblicke der Entleerung an beginnt, und bis zum Eintritte der Gerinnung beständig zunimmt (Pflüger und Zuntz), Abnahme des Sauerstoffgehaltes und Zunahme des Kohlensäuregehaltes des Blutes (Pflüger, A. Schmidt); die Gerinnung selbst aber ist begleitet von einer geringen Temperaturzunahme des Blutes (Schiffer).

Blutkuchen.

Der Blutkuchen stellt im Allgemeinen eine dunkelrothe, elastisch-geléeartige Masse dar, deren Form von jener des Gefässes, in welchem die Gerinnung stattfindet, bis zu einem gewissen Grade abhängig ist. Bindet man ihn in einen Leinwandlappen und presst aus, so läuft eine blutkörperchenreiche, rothe Flüssigkeit ab. Wäscht man ihn in einem

Leinwandsäckchen unter Wasser vollständig aus, so bleibt im Säckchen das Fibrin zurück, gemengt mit den Hüllen der Lymphkörperchen. Der Blutkuchen ist demnach als ein Gemenge von Fibrin und Blutkörperchen durchtränkt von Serum, zu betrachten.

Blutserum.

Das Blutserum ist eine gelblich grüne, reingelbe, oder in Folge der Beimengung von Blutkörperchen auch wohl röthliche, klebrige, deutlich alkalisch reagirende Flüssigkeit, die in seltenen Fällen milchig getrübt ist (weisses Blut, weisses Serum). Diese milchige Trübung rührt entweder von suspendirten Fetttröpfchen, oder von einem eiweissartigen, höchst fein vertheilten Körper her.

Da der Blutkuchen die Blutkörperchen und Fibrin enthält, wir aber unter Plasma: Blut minus Blutkörperchen verstehen, so sind die Bestandtheile des Serums jene des Plasmas minus dem Fibrin.

Plasma oder Intercellularflüssigkeit des Blutes und Blutserum sind daher keineswegs identisch, was um so mehr hervorgehoben werden muss, als wir das Serum in der That ohne Schwierigkeit erhalten können, während das Plasma mehr ein theoretischer Begriff ist, da es bei dem Blute des Menschen und der meisten höheren Wirbelthiere, wie wir später noch hören werden, nicht gelingt, die Blutkörperchen auf mechanischem Wege vollständig abzuscheiden und dadurch wirkliches Plasma zu erhalten. Denn unter Plasma verstehen wir Blut minus Blutkörperchen, demnach noch die Componenten des Fibrins enthaltend.

Momente, welche auf die Gerinnung des Blutes Einfluss äussern.

Ueber die Bedingungen der Gerinnung, das heisst über die Momente, welche die Gerinnung des Blutes beschleunigen, verzögern, oder die Gerinnungsfähigkeit desselben aufheben, sind umfassende Untersuchungen angestellt, unter welchen die von Brücke von besonderem Werthe sind.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen erfolgt die Gerinnung des Blutes wenige Minuten nach der Entfernung aus der Ader; das in der Leiche zurückbleibende aber erhält sich stunden- und tagelang flüssig.

Verzögert wird die Gerinnung des Blutes durch folgende Momente: Entfernung des im Blute enthaltenen Sauerstoffs; Sättigung des Blutes mit Kohlensäure; niedere Temperatur, nahe dem Nullpunkte; grosser Salzgehalt des Plasmas; Zusatz von gewissen Salzen, wie Natriumsulfat, Kaliumnitrat, Chlornatrium, Chlorkalium, Kaliumacetat, Natriumborat; Zusatz einer sehr geringen Menge von kaustischem Kali oder Ammoniak; Zusatz von kohlensauren Alkalien, von Zucker oder Gummi; Ansäuern des Blutes mit Essig- oder Salpetersäure bis zur schwach sauren Reaction.

Beschleunigt wird die Gerinnung: durch eine die Blutwärme etwas übersteigende Temperatur; durch starke Bewegung des aus der Ader gelassenen Blutes; durch Zutritt von Sauerstoff oder atmosphärischer Luft; durch Berührung des Blutes mit gewissen Metallen und anderen mineralischen Stoffen, wozu jedoch zu bemerken ist, dass eine nähere

Angabe darüber, welche Metalle oder andere mineralische Stoffe den Gerinnungsvorgang beschleunigen sollen, fehlt.

Vollkommen aufgehoben wird die Gerinnungsfähigkeit des Blutes nach Brücke's Erfahrung durch Neutralisation des angesäuerten Blutes mit Ammoniak und durch die Einwirkung von Ozon auf das Blut (A. Schmidt). Die Blutgerinnung soll endlich ausbleiben, wenn das Blut unter Umrühren in Glycerin aufgefangen wird; wird jedoch die Glycerinblutlösung mit Wasser verdünnt, so scheidet sich Faserstoff aus (Grünhagen).

Unabhängig ist die Gerinnung des Blutes überhaupt: von dem directen Einflusse des Sauerstoffs oder der atmosphärischen Luft, denn das Blut gerinnt auch in Wasserstoff, Stickstoff, Kohlensäure und bei vollständigem Abschlusse der Luft; von der Temperatur innerhalb mittlerer Grenzen; von der Bewegung, denn die Gerinnung erfolgt im ruhenden und im bewegten Blute; das Blut gerinnt selbst trotz der Bewegung in Blutgefässen lebender Thiere, wenn Drähte oder andere fremde die Bewegung nicht hemmende Körper vorsichtig eingeführt werden. Anderseits gerinnt das Blut namentlich kaltblütiger Thiere nicht, wenn es in das Herz oder die grösseren Arterien eines kaltblütigen Thieres eingeführt wird und durch Unterbindung jede Bewegung der Blutflüssigkeit aufgehoben ist. Unabhängig ist ferner die Gerinnung von der Menge des Faserstoffs oder richtiger seiner Generatoren im Blute, von der Gegenwart der Blutkörperchen, endlich von dem Bestehen oder Verlust der Muskel- und Nervenerregbarkeit.

Einfluss der Gefässwände.

Diesen negativen Momenten gegenüber ist aber von Brücke auch ein positives ermittelt. Brücke hat durch eine Reihe von Versuchen nachgewiesen, dass das Blut in den Gefässen durch die Einwirkung der Gefässwände flüssig erhalten werde, und dass es überall da gerinnt, wo es mit diesen nicht mehr in Berührung ist. Wenn auch im Allgemeinen dieser Satz auf dasselbe hinausläuft, wie der längst gekannte, dass das Blut gerinnt, wenn es dem Lebenseinflusse entzogen ist, denn die Fähigkeit der Gefässe, das Blut flüssig zu erhalten, ist eben eine vitale, so ist mit dem Nachweise, dass es gerade die Gefässwandung ist, welche die Gerinnung des Blutes hindert, doch jedenfalls ein bedeutungsvoller Schritt vorwärts in der Erkenntniss des Vorgangs gethan.

Gerinnungstheorien.

Der Vorgang der Gerinnung ist übrigens, wie wir bereits S. 129 ausführlich andeuteten, noch keineswegs völlig aufgeklärt, denn die darüber aufgestellten Theorien bewegen sich alle mehr oder weniger auf dem Gebiete der Hypothesen. Die Cardinalfrage: in welchem Verhältnisse das bei der Gerinnung sich ausscheidende Fibrin zu den im kreisenden Blute gelösten, und auch nach erfolgter Gerinnung gelöst bleibenden Eiweisskörpern steht, ist noch immer nicht endgültig erledigt.

Die ersten Beobachtungen über die Gerinnung des Blutes wurden am Blute des Menschen und der Säugethiere gemacht. Gelangt solches Blut aus der Ader und aus dem Körper, so kommt es in eine andere Temperatur, es kommt aus dem Zustande der Bewegung in jenen der

Ruhe, und endlich mit der atmosphärischen Luft in Contact. Es lag daher nahe, diese drei Momente für die Erklärung der Gerinnung zu verwerthen. Keines aber hielt vor den Thatsachen Stand. Auch das Blut von kaltblütigen Thieren, welches sich aus der Ader entleert, nicht wesentlich abkühlt, gerinnt, und wenn man Säugethierblut auf der Körpertemperatur (37 bis 38° C.) erhält, so gerinnt es sogar noch viel rascher. Die Ruhe kann um so weniger Ursache der Gerinnung sein, als Schlagen des frisch aus der Ader gelassenen Blutes die Gerinnung sogar beschleunigt, und was endlich die Betheiligung des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft bei dem Vorgange der Gerinnung anbetrifft, so ist mit aller Bestimmtheit nachgewiesen, dass Gerinnung auch bei völligem Abschlusse der Luft und im Stickstoffgase, Kohlensäuregase u. s. w. erfolgt. Ebenso wenig beruht aber der Vorgang der Gerinnung auf dem Entweichen von Kohlensäure (Scudamore) oder von Ammoniak (Richardson). Wir müssen daher die Ursachen der Gerinnung im Blute selbst suchen, wobei eine indirecte Betheiligung der Luft von vorneherein nicht ausgeschlossen ist.

Hier kommen nun zunächt drei Möglichkeiten in Betracht:

1) das Fibrin ist ein Eiweissstoff *sui generis:* ein lösliches Fibrin, welches, wenn das Blut dem Lebenseinflusse entzogen ist, in die unlösliche Modification übergeht, ähnlich wie andere Eiweissstoffe diese Umwandlung durch Wärme, durch Säuren etc. erleiden. Diese Ansicht wird von Eichwald jun.[1]) und von Matthieu und Urbain[2]) vertreten. Ersterer nimmt an, dass sich lösliches Fibrin, welches er aus Pferdeblut dargestellt haben will, im kreisenden Blute befinde, und sich aus diesem, sowie aus anderen gerinnbaren Flüssigkeiten nach ihrer Entfernung aus dem Körper in der Form des unlöslichen Fibrins deshalb ausscheide, weil ihm durch die Kohlensäure der Luft, oder der unter der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs aus den Blutzellen sich bildenden, und vielleicht auch andere durch ihre Zersetzung entstehende Säuren das zur Lösung nöthige Alkali entzogen werde. Letztere sind der Ansicht, dass die Gerinnung des Blutes durch die Fällung ihres hypothetischen löslichen Fibrins durch jene Kohlensäure bedingt sei, die während des Lebens an die Blutzellen gebunden sei, nachdem aber das Blut aus der Ader gelassen ist, frei werde und auf das Fibrin fällend wirke. Diese Gerinnungstheorie ist durch Beobachtungen von A. Gautier[3]) und von Glénard[4]) als widerlegt anzusehen. Auch Denis nahm im Blute die Existenz eines eigenthümlichen Eiweisskörpers: des Plasmins an,

---

[1]) Eichwald jun.: zur Chemie der gewebebildenden Substanzen 1873, Heft 1. S. 154 u. ff.

[2]) Matthieu u. Urbain: Compt. rend. LXXIX. 1874. p. 665. Dieselben: Bullet. de la soc. chim. XXIII. 483.

[3]) Bullet. de la soc. chim. XXIII. 530.

[4]) Ebenda XXIV. 517.

welches bei der Gerinnung zu ein Drittel in unlösliches, zu zwei Drittel in sogenanntes lösliches Fibrin übergehe. Diese Anschauung findet aber in allen späteren Beobachtungen keine Stütze. Was Denis Plasmin nannte, ist wahrscheinlich ein Gemenge von Paraglobulin und von dem sogenannten Fibrinogen A. Schmidt's.

2) Das Fibrin ist ein Theil des Serumalbumins des Blutes, welches sich, nachdem das Blut dem Einflusse des lebenden Gefässrohrs entzogen ist, unter dem Einflusse einer im Blute nach dem Absterben frei werdenden Säure, oder eines anderen Körpers zum Theile unlöslich werde und als Fibrin ausscheide. Für diese Hypothese hat Brücke[1]) gewichtige Gründe geltend gemacht. Er fand, dass, wenn er in einer gewogenen Menge Blutplasmas die Gerinnung verhinderte und das Serumalbumin bestimmte, die Menge desselben so viel betrug, wie das aus einer anderen Partie desselben Blutes durch Schlagen sich abscheidende Fibrin + dem aus dem Blutserum durch Kochen abgeschiedenem Serumalbumin. Diese wichtige Beobachtung wurde bisher weder widerlegt, noch steht sie mit den späteren Theorien im Widerspruche.

3) Der Faserstoff ist das Product chemischer Umsetzungen der Eiweisskörper des Blutes und anderer gerinnbarer Flüssigkeiten, welche durch ein erst beim Absterben des Blutes etc. in Thätigkeit tretendes Moment eingeleitet werden. Von dieser Voraussetzung gehen alle neueren Versuche, das Gerinnungsproblem zu lösen aus, namentlich auch die umfassenden von Alex. Schmidt, deren Resultate dieser Physiologe in einer ganzen Reihe von Abhandlungen niederlegte[2]). In Nachstehendem versuchen wir in gedrängter Kürze die Gerinnungstheorie Alex. Schmidt's zu entwickeln und zwar so, wie er sie in seinen letzten Abhandlungen aufstellte.

Gerinnungstheorie von Al. Schmidt.

Der Ausgangspunkt dieser Theorie war seine interessante Entdeckung, dass solche theils physiologische, theils pathologische seröse Transsudate (Pericardial-Hydroceleflüssigkeit, hydropische Transsudate u. s. w.), welche an und für sich nicht gerinnen: d. h. dem Lebenseinflusse entzogen, keinen Faserstoff ausscheiden, nach kürzerer oder längerer Zeit Gerinnsel von Fibrin abscheiden, wenn ihnen defibrinirtes Blut oder auch wohl Blutserum in geringer Menge zugesetzt wird. Später fand er, dass so wie Blutserum, die Extracte gefässloser Gewebe, Speichel, Synovia, Amniosflüssigkeit, Krystalllinse, Glaskörper und Humor aqueus wirken. Daraus musste der Schluss gezogen werden, dass im Blute, dem Blutserum und den zuletzt aufgeführten Flüssigkeiten und Geweben sich eine Substanz finde, welche Körperflüssigkeiten gerinnen macht, die an und für sich keine Neigung zum Gerinnen zeigen. Die Versuche, welche Alex. Schmidt anstellte, um die Natur dieser Substanz zu ergründen, führten ihn zu

---

[1]) Arch. f. path. Anat. XII. 81. 172; Vorles. über Physiol. Bd. I. 99.

[2]) Vgl. die Literaturübersicht S. 320.

dem Resultate, dass diese „fibrinoplastische Substanz“ der unter dem Namen Paraglobulin (Panum's Serumcaseïn) bekannte Eiweisskörper (vergl. S. 116) sei, dass aber zur Gerinnung ausserdem ein weiterer, dem Paraglobulin ungemein ähnlicher Eiweisskörper: die „fibrinogene Substanz“ (vergl. S. 118) und endlich drittens ein „Ferment“ nöthig sei, welches letztere sich erst dann in den Körperflüssigkeiten entwickele, wenn dieselben den natürlichen Existenzbedingungen entzogen sind. Die Fibringeneratoren: fibrinoplastische und fibrinogene Substanz finden sich im kreisenden Blute, das Ferment aber bildet sich erst mit dem Momente, wo das Blut aus der Ader gelassen wird, und seine Bildung erreicht ihr Maximum mit der Vollendung der Gerinnung; dann findet es sich im Serum aufgehäuft. Weiterhin fand Alex. Schmidt, dass mit der Gerinnung Zerfall der farblosen Blutzellen und Neubildung fibrinoplastischer Substanz Hand in Hand gehe.

In den nicht spontan gerinnenden serösen Transsudaten ist nach Alex. Schmidt Fibrinogen, aber keine fibrinoplastische Substanz enthalten, und die Bildungsstätten des Fermentes sind nach seinen Versuchen die farblosen Blutzellen und überhaupt die lymphoiden, Protoplasma enthaltenden organisirten Elemente. Wenn daher spontan nicht gerinnende seröse Transsudate durch Zusatz von defibrinirtem Blute, von Blutserum etc. zur Gerinnung gebracht werden, so ist die Erklärung dafür die, dass dadurch der Flüssigkeit die zur Gerinnung nöthigen Stoffe, die sie selbst nicht enthält, zugeführt werden. Nach Alex. Schmidt wäre demnach der Faserstoff das Product der Einwirkung seines Fibrinfermentes auf seine Fibringeneratoren, d. h. auf Paraglobulin und Fibrinogen. Gleichwohl aber tritt er der naheliegenden Annahme, der Faserstoff entstehe durch die chemische Vereinigung des Paraglobulins und Fibrinogens, mit aller Entschiedenheit entgegen, ohne aber darüber eine andere Ansicht bestimmt auszusprechen. Unter solchen Umständen bleibt natürlich die an die Spitze unserer Betrachtung gestellte Frage des Verhältnisses des Fibrins zu seinen Generatoren vom chemischen Standpunkte unerledigt, und ist die Berechtigung, den Gerinnungsvorgang, wie es Alex. Schmidt thut, als einen fermentativen zu bezeichnen, sehr fraglich. Bemerkenswerth ist die Angabe Alex. Schmidt's, dass bei der durch das Ferment herbeigeführten Umwandlung der isolirten Fibringeneratoren zu Fibrin, wenn die physiologischen Bedingungen eingehalten werden, die fibrinogene Substanz gänzlich verbraucht werde, während von der fibrinoplastischen Substanz stets ein unverbrauchter Ueberschuss neben dem Fermente zurückbleibe. Würde, wie dies Hammarsten annimmt, bei der Fibrinbildung neben dem Fibrin ein zweiter löslicher Eiweisskörper entstehen, so könnte die Fibrinbildung als Spaltungsprocess aufgefasst werden, und damit wäre die Möglichkeit des Verständnisses für die Wirkung des Fermentes gegeben.

Gegen die Gerinnungstheorie Schmidt's, und zwar ebensowohl gegen die Richtigkeit einzelner Angaben, wie gegen die Deutung anderer

wurden von verschiedenen Seiten Einwendungen erhoben (Eichwald jun., Heynsius, Hammarsten, Albini, Polli, Naunyn). Zu diesen Controversen Stellung zu nehmen ist für den Augenblick die Situation nicht geklärt genug; aber es muss anerkannt werden, dass die mühevollen Untersuchungen Schmidt's die Lehre von der Blutgerinnung und der Genese des Fibrins in vielen Puncten gefördert haben.

Andere Ansichten über die Fibrinbildung, wie die von Heynsius und L. Laudois, denen zufolge das Fibrin aus dem Zerfall der rothen Blutzellen hervorgehen würde, und von Mantegazza, der das Fibrin aus dem Zerfall der farblosen Blutzellen ableitet, seien hier nur erwähnt.

Speckhaut.

Unter gewissen Umständen ist die Oberfläche des bei der Blutgerinnung sich ausscheidenden Blutkuchens von oben herab gesehen bis auf eine wechselnde Tiefe nicht roth, sondern grau- oder auch wohl gelblichweiss, und zugleich an seiner oberen Fläche napfförmig ausgehöhlt. Diese obere ungefärbte Schicht desselben heisst man dann Speckhaut, Entzündungshaut, *Crusta inflammatoria*. Die älteren Aerzte haben auf diese Erscheinung einen gewissen diagnostischen Werth gelegt und sie für ein Zeichen der Entzündung gehalten. Dies hat sich als vollkommen irrig erwiesen.

Wie die Versuche von J. Müller, H. Nasse, Henle und Polli zur Evidenz dargethan haben, ist die Bildung der Speckhaut zunächst abhängig von der Gerinnungszeit des Blutes und von dem Senkungsvermögen der Blutkörperchen. Die Blutkörperchen sind specifisch schwerer wie das Plasma, sie haben daher das Bestreben, sich zu senken und in der Flüssigkeit, in der sie sich befinden, ein Sediment zu bilden. Würde das Blut nicht gerinnen und man liesse dasselbe einige Zeit lang ruhig stehen, so würde man in der That beobachten, dass die Blutkörperchen sich vollständig zu Boden setzen, was sie in der That auch in dem durch Schlagen vom Faserstoff befreiten Blute thun. So wie das Blut, in einem Glase oder einem sonstigen Gefässe aufgefangen, der Ruhe überlassen wird, beginnt sofort die Senkung der Blutkörperchen. Erfolgt aber nun die Gerinnung des Blutes, bevor die Blutkörperchen noch Zeit gefunden haben, sich um ein Bemerkbares zu senken, so ist der sich bildende Blutkuchen natürlich seiner ganzen Masse nach roth gefärbt, denn er hat überall, auch an seiner Oberfläche, Blutkörperchen gefunden, die er bei seiner Bildung einschliessen konnte. Verzögert sich dagegen die Gerinnung des Blutes aus irgend welchem Grunde, oder senken sich, bei normaler Gerinnungszeit, die Blutkörperchen rascher wie gewöhnlich, so ist im Momente der Gerinnung die obere Blutschicht bereits frei von Blutkörperchen und die obere Fläche des Blutkuchens ist daher ungefärbt. — Dem Gesagten zufolge ist die Speckhaut abhängig: 1) von der verspäteten Gerinnung des Faserstoffs, oder 2) von der schnelleren Senkung der Blutkörperchen. — Alle jene Momente daher, welche die Gerinnung des Blutes zu verzögern, oder die Senkung der Blutkörperchen zu beschleunigen geeignet sind, werden die Bildung der Speckhaut be-

günstigen, und es steht die Erfahrung mit diesen Voraussetzungen völlig im Einklange.

Die Momente, welche eine Verzögerung der Gerinnung des Faserstoffs veranlassen können, haben wir bereits besprochen, wir haben daher nur noch jene ins Auge zu fassen, welche auf eine raschere Senkung der Blutkörperchen einwirken können. Hier ist nun vor Allem des specifischen Gewichtes der Blutkörperchen Erwähnung zu thun. Wenn man bedenkt, dass die Blutkörperchen aus einer Masse bestehen, welche jedenfalls dichter ist, wie die umgebende Intercellularflüssigkeit, sowie dass zwischen der letzteren und den Blutkörperchen osmotische Strömungen stattfinden können, so wird man begreifen, dass ihr specifisches Gewicht eine variable Grösse darstellen muss. Nimmt das specifische Gewicht der Blutkörperchen zu, sei es, dass sie Wasser verlieren, oder sei es, dass ihr Gehalt an eisenreichem Farbstoff relativ zunimmt, so werden sie sich natürlich rascher senken. Ebenso aber scheint auf die raschere Senkung derselben ihre zuweilen vermehrte Neigung zu wirken, aneinanderzukleben. Auf die Bildung einer Speckhaut haben aber auch noch einige Nebenumstände Einfluss: die Form des Gefässes, in welchem die Gerinnung stattfindet; in hohen schmalen Gefässen erfolgt die Bildung einer Speckhaut leichter, wie in seichten und weiten, — die Menge der Blutkörperchen: blutkörperchenarmes Blut (bei Chlorose, Hydrämie, in der Schwangerschaft, nach wiederholten Aderlässen) bildet viel leichter eine Crusta, wie ein an Blutkörperchen reiches.

Gerinnung des Blutes beim Schlagen. Geschlagenes Blut.

Ueberlässt man das Blut, so wie es aus der Ader kommt, nicht der Ruhe, sondern schlägt es einige Minuten lang mit einem Quirl, Besen oder Glasstabe, so gerinnt der Faserstoff in beinahe ungefärbten faserigen, auch wohl klumpigen Massen, die sich an den Quirl etc. anlegen. Das auf diese Weise seines Faserstoffs beraubte geschlagene Blut nennt man defibrinirtes Blut. Von dieser Eigenschaft macht man bei der quantitativen Analyse des Blutes Anwendung. Es beruht darauf die am häufigsten in Anwendung gezogene Methode der quantitativen Bestimmung des Faserstoffs. Vergl. w. u.

Verhalten des Blutes gegen chemische Agentien.

Von Weingeist, Mineralsäuren, Metallsalzen, Gerbsäure wird das frische Blut in einen dicklichen Brei verwandelt und zwar in Folge der Einwirkung dieser Substanzen auf die Albuminstoffe des Blutes; dasselbe geschieht durch Kochen des Blutes; es gerinnt dabei zu einer consistenten Masse. Chlorgas entfärbt das Blut und verwandelt es in einen grünlich-gelben schmierigen Brei; Schwefelwasserstoff macht es ebenfalls missfarbig und zersetzt es unter Verdickung.

Wird Blut in einer Lösung von Natriumsulfat aufgefangen, so erhält man nach dem Absetzen der Blutzellen, durch Zusatz von gepulvertem Kochsalz zu dem abgehobenen Blutplasma eine flockige Fällung (Plasmin von Denis). Dieselbe ist löslich in Wasser und die wässerige Lösung gerinnt in einigen Minuten zur Faserstoffgallerte. Ebenso findet

durch Erhitzen auf 100°, sowie durch Zusatz von Säuren und Alkalien Coagulation statt (Denis).

Das Blutserum gerinnt durch Kochen so wie das Blut, nur dass hier das Coagulum nicht roth ist; es wird endlich durch Weingeist, Mineralsäuren, Metallsalze und Gerbsäure ganz ebenso wie das Blut selbst gefällt. Trägt man Blutserum in kochendes Wasser ein, während man gleichzeitig durch ein paar Tröpfchen Essigsäure die alkalische Reaction des Serums wegnimmt, so gerinnt das Albumin des Serums in weissen, groben, leicht filtrirbaren Flocken, und das die Extractivstoffe enthaltende Filtrat ist vollkommen klar. Auch von diesem Verhalten macht man bei der quantitativen Analyse des Blutes, beziehungsweise der Bestimmung des Albumins Anwendung. Behandelt man in gleicher Weise defibrinirtes Blut, so erhält man ein braunrothes Coagulum, aus Albumin und zersetztem Hämoglobin bestehend.

Kocht man getrocknetes Blut, dem man eine geringe Menge Kochsalz zugesetzt hat, ein paar Minuten lang mit Eisessig, so erhält man eine braunrothe Lösung, die alsbald schwärzlich wird und ein im Sonnenlichte glänzendes Sediment absetzt, welches unter dem Mikroskop untersucht aus Häminkrystallen besteht (vergl. S. 163). Wir werden auf die praktische Wichtigkeit dieser Thatsache weiter unten näher eingehen.

Verkohlt man getrocknetes Blut und äschert die erhaltene Kohle bei mässiger Hitze ein, so erhält man eine von Eisenoxyd roth gefärbte Asche. Eine noch eisenreichere Asche erhält man, wenn man das gepulverte Blut mit schwefelsäurehaltigem Alkohol auskocht und den dunkelrothen Auszug abdampft und einäschert. Die salzsaure Lösung der Asche giebt alle Reactionen des Eisenoxydes.

Verhalten des Blutes gegen Gase.

Verhalten des Blutes gegen Gase. Die den Gehalt des Blutes an Gasen: Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure, betreffenden physiologisch-chemischen Verhältnisse haben wir bereits im zweiten Abschnitte (S. 54 u. ff.) eingehend erörtert. Wir haben daher hier nur zusammenzufassen und Einiges über das Verhalten des Blutes gegen dem Blute als solchem nicht zukommende Gase hinzuzufügen. Das Blut enthält die oben genannten Gase: Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff, theils den Dalton-Bunsen'schen Absorptionsgesetzen für Gase und Flüssigkeiten gemäss einfach absorbirt, theils aber in eigenthümlich lockerer chemischer Verbindung. Hieraus folgt für das Blut, insoferne dasselbe Gase einfach absorbirt enthält, dass die letzteren daraus ausgetrieben werden müssen 1) durch Erwärmen und Auskochen, 2) durch das Vacuum, 3) durch Schütteln desselben mit einem beliebigen anderen Gase, oder durch Einleiten eines solchen. Nach zahlreichen Versuchen ist ein Theil des in das Blut aufgenommenen Sauerstoffs, unabhängig vom Drucke, durch eine chemische Anziehung der Blutkörperchen gebunden, während ein anderer kleinerer dem Bunsen-Dalton'schen Absorptionsgesetze folgt. Die Menge des einfach absorbirten Sauerstoffs scheint mit

dem Gehalte des Blutes an Wasser zu wechseln. Die chemische Anziehung, vermöge deren ein Theil des Sauerstoffs von gewissen Blutbestandtheilen zurückgehalten wird, ist übrigens eine sehr lose, da, so wie der Partiardruck des Sauerstoffs unter eine gewisse Grenze sinkt, Sauerstoff aus dem Blute austritt (Worm-Müller), und bei aufgehobenem Drucke, im Vacuum der ganze Sauerstoffgehalt entweicht. Durch Ansäuern des Blutes mit Weinsäure (L. Meyer), oder Phosphorsäure (Pflüger und Zuntz) scheint die lockere Verbindung in eine innigere überzugehen, da dann der Sauerstoff durch Evacuiren nicht mehr ausgetrieben wird (L. Hermann).

Auch die Gewichtsmenge der vom Blute absorbirbaren Kohlensäure wechselt mit dem Drucke, und man muss auch hier annehmen, dass ein Theil derselben unabhängig vom Drucke, ein anderer aber proportional demselben aufgenommen werde. Die Quantität der letzteren kommt mit derjenigen Menge nahe überein, welche reines Wasser absorbiren würde. Der Kohlensäuregehalt des Blutes ist stets abhängig von dem Partiardrucke dieses Gases; unter einem Partiardruck von 8 Proc. nimmt Blut etwa so viel Kohlensäure auf, als der normale Kohlensäuregehalt desselben beträgt, bei höherem Drucke aber erfolgt ungleich stärkere Kohlensäureaufnahme, und zwar sind dann bei der Absorption auch die Blutkörperchen betheiligt. Bei einem Partiardruck unter 7 bis 8 mm Quecksilberdruck scheint die Kohlensäure nur an die Alkalien und die Alkalialbuminate des Serums gebunden zu sein, bei höherem Drucke aber nehmen die Blutkörperchen sogar mehr Kohlensäure auf, als das Serum. Es müssen demnach im Serum und in den Blutkörperchen Träger der Kohlensäure existiren (Zuntz). Nach den Versuchen von Setschenow ist das Hämoglobin der Blutkörperchen ein solcher, während das normale Serum hauptsächlich freie gelöste Kohlensäure, gebundene dagegen nur in geringer Menge enthalten soll. Nach Setschenow nimmt das Blut auch mehr Stickstoffgas auf, als dem Absorptionscoëfficienten desselben für reines Wasser entspricht. Da nun aber nach Fernet's Angaben das Blutserum sich zum Stickstoff ebenso wie Wasser verhält, so müsste man annehmen, dass sich auch die Blutzellen an der Stickstoffabsorption betheiligen, was aber in hohem Grade unwahrscheinlich ist.

Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure werden durch Auspumpen aus dem Blute mit sehr verschiedener Leichtigkeit ausgetrieben und zwar Sauerstoff und Stickstoff viel leichter als Kohlensäure (Nawrocki). Aus dem arteriellen Blute wird übrigens die Kohlensäure leichter ausgetrieben, wie aus dem venösen (Schöffer, Sczelkow, Preyer). Das Blut fährt endlich auch ausserhalb des Organismus fort, Kohlensäure zu bilden, wobei bei Luftzutritt der atmosphärische Sauerstoff, bei Luftabschluss der Sauerstoff des Blutes selbst, der dabei verschwindet, zur Oxydation verwendet wird (Nawrocki, J. Sachs, Hoppe-Seyler).

Verhalten des Blutes gegen Kohlenoxydgas.

Das Absorptionsvermögen des Blutes für Kohlenoxydgas ist gleich dem für Sauerstoff. So wie letzterer wird auch Kohlenoxydgas zum Theil

unabhängig vom Drucke, sonach durch eine chemische Anziehung absorbirt. Es wird endlich der im Blute chemisch gebundene Sauerstoff durch ein gleiches Volumen Kohlenoxyd verdrängt, wenn man mit Sauerstoff gesättigtes Blut mit Kohlenoxydgas behandelt. Dieses Verhalten ist deshalb von praktischer Wichtigkeit, weil es die giftige Wirkung des Kohlenoxydgases erklärt, da jedes Theilchen Kohlenoxydgas ein gleiches Volumen Sauerstoff aus dem Blute austreiben muss. Während Kohlenoxydgas den Sauerstoff des Blutes verdrängt, wird es selbst aus dem Blute weder durch Sauerstoff, noch durch Stickoxydulgas, noch endlich durch ein Gemenge der beiden letztgenannten Gase leicht ausgetrieben (Nawrocki); wohl aber wird es ohne Volumensänderung durch Stickoxydgas aus dem Blute völlig verdrängt (L. Hermann). Da man nun weiss, dass die chemische Anziehung auf die genannten Gase vom Hämoglobin, d. i. den Blutkörperchen, ausgeübt wird, so folgt, dass das Kohlenoxyd-Hämoglobin eine stabilere Verbindung darstellt, wie das Sauerstoffhämoglobin, Stickstoffoxyd-Hämoglobin aber die stabilste von allen dreien ist. In den drei hypothetischen Verbindungen endlich vertreten sich die Gase nicht nach Aequivalenten, sondern nach Volumina. Doch haben neuere Versuche gezeigt, dass mit Kohlenoxyd gesättigtes Blut dasselbe bei sehr anhaltendem Durchleiten von Kohlensäure, Wasserstoff und Sauerstoff verliert, ohne dass in letzterem Falle Oxydation stattfindet (Donders, Eulenberg, Podolinski) und dass man derartiges Blut bei + 37 bis 42° C. auch durch vielstündiges Auspumpen von Kohlenoxyd befreien kann (Zuntz). Auch für Stickoxyd wurde die Austreibbarkeit durch Podolinski nachgewiesen. Kohlenoxydhaltiges Blut ist kirschroth gefärbt; diese Farbe wird weder durch Sauerstoff noch durch Kohlensäure verändert, ebensowenig durch Evacuiren unter der Luftpumpe und beim Eindampfen, auch Stickoxyd ändert die Farbe nicht merklich. Mit concentrirter Kali- oder Natronlauge gemengt, färbt es sich mennigroth, während gewöhnliches oder mit irgend einem anderen Gase imprägnirtes Blut eine fast schwarze Masse bildet, die in dünnen Lagen braunroth erscheint, oder eine schmutzig grüne Farbe besitzt. Kohlenoxydhaltiges Blut zeigt in passender Verdünnung im Spectralapparate dieselben Absorptionsstreifen wie sauerstoffhaltiges, fügt man aber Schwefelammonium hinzu, so verschwinden die Streifen nicht im Verlauf mehrerer Tage, während sauerstoffhaltiges Blut nach Zusatz von Schwefelammonium schon nach einigen Minuten nur mehr einen Absorptionsstreifen, zwischen D und E zeigt (Hoppe-Seyler). (Empfindliches Mittel zur Erkennung des Kohlenoxyds im Blute.) Mehrere Tage an der Luft stehend, verliert das Blut allmählich sein Kohlenoxyd. Bei der Reconvalescenz von Kohlenoxydvergiftung beobachtete Pokrowsky eine Steigerung der Kohlensäureausscheidung.

Verhalten des Blutes gegen Schwefelwasserstoff.

Schwefelwasserstoff ruft zunächst dunkle, dann grünliche Missfärbung des Blutes hervor, und benimmt ihm die Fähigkeit, Sauerstoff aufzunehmen; der im Blute vorhandene Sauerstoff verschwindet, wahr-

scheinlich um zur Oxydation der im Plasma gebildeten Schwefelalkalien verwendet zu werden. Erst bei längerer Einwirkung des Gases tritt Fällung von Schwefel und Eiweisskörpern auf (Diakonow).

Verhalten des Blutes gegen Arsen- und Antimonwasserstoffgas und gegen Phosphorwasserstoff.

Durch Arsenwasserstoffgas wird arterielles wie venöses Blut eigenthümlich ockerbraun gefärbt; auch defibrinirtes Blut nimmt ausserhalb des Organismus diese Farbe an, wenn Arsenwasserstoffgas in selbes eingeleitet wird. Schütteln mit Luft stellt die ursprüngliche Farbe nicht wieder her und ebensowenig wird dadurch der Arsenik aus dem Blute entfernt. Es scheint also auch hier die Absorption durch eine chemische Anziehung bewirkt zu werden. Eine andere Wirkung des Arsenwasserstoffgases ist die, das Hämoglobin aus den Blutzellen in das Serum und von da in die Secrete übertreten zu machen. Antimonwasserstoffgas äussert eine ähnliche aber minder energische Wirkung auf das Blut. Das damit gesättigte Blut nimmt ebenfalls keinen Sauerstoff mehr auf. Phosphorwasserstoff macht das Blut in Folge von Zersetzung des Hämoglobins und Hämatins missfarbig, ohne dass dieser Zersetzung die Bildung von reducirtem Hämoglobin und Hämatin voraufginge, wie dies die spectroskopische Untersuchung derartigen Blutes ergiebt (Koschlakoff und Popoff).

gegen Stickoxydgas.

Wird aus dem Blute durch ein indifferentes Gas der Sauerstoff ausgetrieben und Stickoxydgas eingeleitet, so verliert es seinen Dichroismus und wird hell carmoisinroth. Im Spectrum treten dann an die Stelle des einen Absorptionsstreifens sauerstofffreien Blutes zwei, welche denen sauerstoffhaltigen Blutes entsprechen, aber weniger scharf sind. Die Farbe des stickoxydhaltigen Blutes ändert sich, wenn alles überschüssige Stickoxyd aus demselben durch Wasserstoff entfernt ist, nicht, auch nicht durch Schwefelammonium. Sauerstoffhaltiges Blut, mit Stickoxyd geschüttelt, wird dunkel, indem dadurch dem Blute der Sauerstoff entzogen wird (L. Hermann).

Farbe des Blutes.

Die Farbe des Blutes ist überhaupt von dem Gasgehalte des Blutes wesentlich abhängig. Sauerstoff färbt es hellroth, Kohlensäure dunkelroth. In dünnen Schichten erscheint arterielles oder mit Sauerstoff imprägnirtes Blut schön scharlachroth, venöses mit Kohlensäure imprägnirtes dagegen purpurfarben, in sehr dünnen Schichten aber grün. Kohlensäurehaltiges Blut ist demnach dichroitisch. Durch Evacuiren von Gasen völlig befreites (aber dann auch theilweise bereits zersetztes) venöses Blut hat bei einer Schicht von 2 bis 3 Centim. Dicke eine vollständig schwarze Farbe (Setschenow, Pflüger). Durch Kohlensäure dichroitisch gewordenes Blut verliert den Dichroismus durch Einwirkung von Sauerstoffgas. Schüttelt man dagegen stark mit Wasser verdünntes Blut 15 Minuten lang mit Kohlensäure, so kann ihm durch Sauerstoff die rothe Farbe nicht mehr wiedergegeben werden (Brücke, Heidenhain).

Auf die Blutfarbe haben auch die chemischen Veränderungen der Blutkörperchen einen nicht geringen Einfluss, wie sich auch aus dem unten Folgenden ergeben wird.

Chemisches Verhalten der Blutkörperchen.

Chemisches Verhalten der Blutkörperchen.

Es gelingt nicht, die Blutkörperchen des Menschen und der Säugethiere auf mechanischem Wege: durch Filtration, von dem Blutplasma zu trennen; sie gehen bei dieser Operation grösstentheils durch das Filter durch. Froschblut lässt sich dagegen, wie J. Müller gezeigt hat, filtriren.

Wenn man dagegen defibrinirtes (geschlagenes) Blut wo möglich noch warm mit dem fünf- bis sechsfachen Volumen einer kalt gesättigten Lösung von Natriumsulfat vermischt, so nimmt das Blut sofort eine hellrothe Färbung an und lässt sich nun filtriren; d. h. die Blutkörperchen bleiben dann grösstentheils auf dem Filter zurück und es läuft eine nur schwach röthlich gefärbte Flüssigkeit durch. In einer Chlornatriumlösung, welche über $1^1/_2$ Proc. Salz enthält, senken sich die Blutkörperchen defibrinirten Blutes, ohne an die Salzlösung etwas Wesentliches abzugeben, vollständig. Dies gilt besonders für Vögel-, Amphibien- und Fischblut, und meist auch für Menschenblut, nicht aber für das Blut von Wiederkäuern und Schweinen. Aus den so vom Serum getrennten Blutkörperchen nimmt Wasser Hämoglobin und lösliche Eiweissstoffe auf; der Rückstand mit Aether extrahirt bringt Lecithin und Cholesterin in Lösung, während unlösliche Eiweissstoffe und Salze übrig bleiben (Hoppe-Seyler).

Durch Wasser werden die Blutkörperchen aufgequollen, fast kugelförmig und kreisrund, wobei ihre Contouren mehr und mehr verblassen, während die umgebende Flüssigkeit ein gelbliches Ansehen gewinnt. Zuletzt wird das Blutkörperchen vollkommen entfärbt und so blass, dass es nur bei starker Vergrösserung und beschattetem Gesichtsfelde sichtbar gemacht werden kann, endlich verschwindet es vollkommen.

Der Uebertritt der Blutzellen oder ihres Inhaltes in das Plasma, d. h. ihre Zerstörung, wird bewirkt durch Arsen- und Antimonwasserstoffgas, durch gereinigte Galle oder gallensaure Salze (Thiry, W. Kühne), durch abwechselndes Gefrieren- und Aufthauenlassen des Blutes und durch den Durchgang wiederholter elektrischer Entladungen (A. Rollet), durch Schütteln des Blutes mit Aether (v. Wittich), mit Chloroform (Bötticher), durch Schütteln mit Schwefelkohlenstoff, Amylen, Aether anaestheticus, Essigäther, zweifach Chlorkohlenstoff, Methyl- und Amylalkohol (sämmtlich Anaesthetica), sowie durch Behandlung mit Chlormethyl (L. Hermann); eine partielle Zersetzung der Blutkörperchen findet auch bei andauerndem Einleiten von Sauerstoff, sowie beim Entgasen des Blutes statt. Aehnlich wirkt abwechselndes Einleiten von Sauerstoff- und Kohlensäuregas, welches allmählich die Blutkörperchen völlig zum Verschwinden bringt. Ein Uebertritt des Hämoglobins in

das Plasma findet auch bei Septhaemie (Hiller, Wolff, Rawitsch) sowie nach Chloralvergiftung statt (Feltz und Ritter), und es treten dann Hämoglobinkrystalle im Blute auf.

Versetzt man defibrinirtes Blut mit so viel Aether, dass nach stärkerem Umschütteln sich eine Aetherschicht absetzt und wiederholt man das Schütteln mit Aether, so findet Zersetzung der Blutzellen statt und der Aether enthält Cholesterin und Lecithin (L. Hermann).

Alle aufgezählten Agentien, welche die Blutkörperchen auflösen und das Blut in eine durchsichtige dunkelrothe Flüssigkeit verwandeln (es lackfarben machen), bedingen oder befördern auch die Ausscheidung der Blutkrystalle: des Hämoglobins; die letztere wird ausserdem auch befördert durch Zusatz gewisser Salze zum Blute, wie Glaubersalz, Natriumphosphat, essigsaure Alkalien, Salpeter, Magnesiumsulfat (Bursy). Die Auflöslichkeit der Blutzellen scheint von ihrem Gasgehalte wesentlich beeinflusst zu werden. Am leichtesten lösen sich stark mit Kohlensäure beladene Blutkörperchen auf; gleiche Mengen Blut unter denselben Bedingungen mit gleichen Mengen der lösenden Flüssigkeit (gallensaure Salze, verdünnte Kochsalzlösung u. a.) behandelt, zeigen, dass mit Kohlensäure gesättigtes Blut am schnellsten, mit Sauerstoff oder Stickstoff behandeltes erst später, oder gar nicht mehr lackfarbig wird (Landois).

Sauerstoffeinleiten befördert ebenfalls die Zersetzung der Blutzellen und die Bildung der Blutkrystalle; in einem weiteren Stadium der Einwirkung geht aber die Krystallisationsfähigkeit wieder verloren (A. Schmidt). Alkohol, Gerbsäure, Chromsäure, Kreosot und Metallsalze bringen die Eiweisskörper der Blutzellen zur Gerinnung.

Eine merkwürdige, den Blutkörperchen zukommende Eigenschaft ist die, dass sie die Oxydation von Körpern durch activen Sauerstoff vermitteln helfen, namentlich die Uebertragung des Ozons vom ozonisirten Terpentinöl oder von Bittermandelöl auf Guajactinctur und auf Jodkalium (Schönbein). Diese Wirkung, welche sie übrigens auch im trockenen Zustande äussern, theilen sie mit Eisenoxydulsalzen, und auch noch anderen Stoffen. Getrocknete Guajactinctur-Papierstreifen werden durch mit Wasser verdünntes Rindsblut gebläut, durch Serum aber nicht. Schüttelt man Blut mit Jodwasserstoffsäure und Kleister zusammen, so wird letzterer gebläut; endlich entfärbt sich durch Kreide neutralisirte Indigolösung mit etwas Blut versetzt, innerhalb 12 Tagen, Indigolösung für sich aber nicht. A. Schmidt schloss aus diesem Verhalten, dass ein Theil des Sauerstoffs der Blutzellen darin als Ozon enthalten sei, eine Deutung dieser Versuche, die von Pflüger bestritten wird, indem er darauf hinweist, dass bei dem Schmidt'schen Versuche mit Guajactinctur sich das Hämoglobin unter Bildung von stark oxydablem Hämochromogen zersetze; da nun Oxydationen secundäres Auftreten von activem Sauerstoff zur Folge haben, so sei der Guajacversuch nicht beweisend für die Präexistenz von Ozon im Blute.

Defibrinirtes Blut zersetzt das Wasserstoffsuperoxyd ziemlich energisch; auch diese Eigenschaft kommt den Blutkörperchen zu, denn Blutkörperchenfreies Serum ist ohne Einwirkung darauf.

Zieht man die isolirten Blutkörperchen mit Aether aus, so erhält man ein phosphorhaltiges Fett (wahrscheinlich ein Zersetzungsproduct des Lecithins), welches 22 Proc. einer Asche hinterlässt, die aus saurem Calciumphosphat besteht. Durch Einäschern der Blutkörperchen erhält man eine rothe an Eisenoxyd und Kaliumphosphat reiche Asche.

Die Kerne der Blutkörperchen der Frösche, Fische, Vögel und Schlangen bestehen nach ihrem Verhalten aus einer mit dem Mucin am nächsten übereinstimmenden Substanz (Kühne).

Chemisches Verhalten der farblosen Blutzellen.

Chemisches Verhalten der farblosen Blutzellen.

Ueber die chemischen Bestandtheile der farblosen Blutzellen weiss man sehr wenig Positives, was mindestens theilweise in der Schwierigkeit begründet ist, sich ein zu einer eingehenderen Untersuchung genügendes Material in einigermaassen reinem Zustande zu beschaffen. Bei dem sparsamen Vorkommen derselben im Blute, und da sie noch überdies mit den rothen Blutkörperchen gemengt sind, ist an eine Isolirung derselben nicht zu denken. Alles, was wir über ihr chemisches Verhalten wissen, beschränkt sich daher auf mikrochemische, unter dem Mikroskop angestellte Reactionen.

Die farblosen Blutzellen bestehen aus einer Hüllenmembran und einem wahrscheinlich halbflüssigen Inhalte. In Folge der durch die Hüllenmembran erfolgenden osmotischen Strömungen quellen sie auf Zusatz von Wasser stark auf, die granulöse Beschaffenheit der Hüllenmembran verschwindet, die Kerne treten deutlich hervor und einzelne Körperchen platzen auch wohl. Aehnlich wie Wasser wirken sehr verdünnte Säuren. Lösungen von Natriumsalzen machen sie zusammenschrumpfen, ätzende Alkalien, Galle, sowie Lösungen glyco- und taurocholsaurer Alkalien lösen sie rasch auf. Hüllenmembran, Kernsubstanz und Inhalt scheinen nach ihrem Verhalten gegen Jod, Salpetersäure und dem Millon'schen Reagens zu schliessen, aus Albuminstoffen oder Albuminoiden zu bestehen. Als Bestandtheil der farblosen Blutzellen ist endlich auch Fett nachgewiesen. Da das leukämische Blut besonders reich an Lecithin ist, zugleich aber einen bedeutenden Ueberschuss von farblosen Blutzellen besitzt, im Serum solchen Blutes aber kein Lecithin nachgewiesen werden kann, so ist es wahrscheinlich, dass selbes ein Bestandtheil der farblosen Blutzellen ist (Hoppe-Seyler). Ueber das Verhalten der farblosen Blutkörperchen gegen Gase ist nichts bekannt.

Quantitative Zusammensetzung des Blutes.

Blutanalyse.

Bereits im Eingange zur Chemie des Blutes wurde erwähnt, dass zwischen dem Inhalte der Blutgefässe einerseits und den Geweben und Organen anderseits ein beständiger Stoffaustausch stattfindet; es ist daher das Mischungsverhältniss der Bestandtheile des Blutes der Natur der Sache nach ein wechselndes, es ist ein verschiedenes nicht nur in den verschiedenen Gefässbezirken, sondern je nach der Zeit, in welcher die Zusammensetzung bestimmt wird, auch in einem und demselben Gefässbezirke. Auch in dem Falle, dass wir genaue Methoden der quantitativen Scheidung der Blutbestandtheile besässen, würden die durch diese Methoden erhaltenen Zahlen in physiologischer Beziehung einen nur sehr bedingten Werth besitzen, denn jede solche Analyse wäre nur ein Ausdruck für die Zusammensetzung des Blutes in einem gegebenen Zeitabschnitt und unter bestimmten gegebenen Verhältnissen. Es ist ferner klar, dass die Physiologie von ihrem Standpunkte aus sich principiell nie mit einer chemischen Analyse des Gesammtblutes begnügen kann, nachdem sie nachgewiesen hat, dass zwei wesentlich verschiedene Objecte gegeben sind: die aufgeschwemmten Formbestandtheile und das Plasma; sie muss daher von der Chemie einen Ausdruck für die Zusammensetzung jeder dieser beiden anatomischen Blutbestandtheile fordern. Leider hat die Chemie allen diesen Anforderungen nur in sehr beschränktem Maasse zu genügen vermocht, und sind die zur Analyse des Blutes vorgeschlagenen Methoden, zum Theil auf hypothetischen Voraussetzungen und indirecten nicht selten theoretisch anfechtbaren Berechnungen fussend, von sehr verschiedenem Werthe. Eine detaillirte Beschreibung derselben hat man in Hoppe-Seyler's Handb. der physiol. u. path. chem. Analys. 4. Aufl. 1875 und in meiner Anleitung zur qualit. u. quantit. zoochem. Analyse 3. Aufl. 1871 zu suchen.

Wir beschränken uns in Nachstehendem auf die allgemeinen Gesichtspunkte, die den Einzelbestimmungen zu Grunde liegen.

Allgem. Methoden der quantitativen Blutanalyse.

Die Analyse des Blutes zerfällt gewöhnlich in jene des Gesammtblutes und die des Serums; erstere wird mit dem defibrinirten Blute, letztere mit dem Serum vorgenommen, welches von dem Blutkuchen nach der Gerinnung des Blutes leicht abzugiessen ist. Die Bestimmung des Faserstoffs geschieht gewöhnlich durch Schlagen des Blutes mit einem Quirl oder Glasstabe, an welchen sich der Faserstoff anlegt. Das aus der Ader fliessende Blut wird in einem vorher tarirten Gefässe aufgefangen, nach der Abscheidung des Faserstoffs sammt diesem gewogen, durch Leinwand geseiht, der Faserstoff in einem Leindwandsäckchen mit Wasser ausgewaschen, durch Behandlung mit Alkohol und Aether weiter gereinigt, getrocknet und gewogen (Becquerel und Rodier, Hoppe-Seyler).

Die Bestimmung des Wassergehaltes des defibrinirten Blutes und des Serums geschieht durch Abdampfen gewogener Mengen im Wasserbade und Trocknen

des Rückstandes bei 120^0 bis 130^0 C. Den Gehalt des Serums an Albumin bestimmt man, indem eine abgewogene Menge desselben in kochendes Wasser unter Zusatz einiger Tröpfchen Essigsäure eingetragen, nach der vollständigen Abscheidung des Coagulums dieses auf ein Filter gebracht, mit Wasser, Alkohol und Aether gewaschen, getrocknet und gewogen wird.

Wird die vom coagulirten Albumin abfiltrirte Flüssigkeit abgedampft, bei 120^0 getrocknet und gewogen, so erfährt man den Gehalt des Serums an Extractivstoffen und Salzen. Glüht man diesen Rückstand, so erhält man das Gewicht der löslichen feuerbeständigen Salze.

Den Gesammtgehalt des Serums an anorganischen Salzen erfährt man durch Glühen des Rückstandes, welchen eine gewogene Menge Serums bei der Wasserbestimmung hinterlassen hatte. Zieht man die löslichen Salze des Serums vom Gesammtgehalte des Serums an Salzen ab, so erhält man als Differenz die Menge der unlöslichen Salze des Serums.

Zur Bestimmung endlich des Fettgehaltes des Serums verdampft man eine gewogene Menge desselben zur Trockne, pulvert den Rückstand, erschöpft ihn mit Aether, verdampft die ätherischen Auszüge und wägt den Rückstand.

In ähnlicher Weise bestimmt man den Fettgehalt des defibrinirten Blutes, indem man eine abgewogene Menge desselben zur Trockne eindampft, den gepulverten Rückstand mit Aether extrahirt und die ätherischen Auszüge verdunstet.

Durch Glühen des Abdampfungsrückstandes einer gewogenen Menge defibrinirten Blutes erhält man die feuerbeständigen Salze des Blutes, die nach den Regeln der analytischen Chemie weiter getrennt werden können.

Die Extractivstoffe des defibrinirten Blutes erhält man, indem man genau sowie bei der Bestimmung des Albumins des Serums eine gewogene Menge Blut unter Zusatz eines Tröpfchens Essigsäure mittelst kochenden Wassers coagulirt, das Filtrat eindampft, trocknet und wägt.

Zur Bestimmung des Hämoglobins sind verschiedene Methoden vorgeschlagen. Man bestimmt dasselbe: 1. aus dem Eisengehalte des Blutes. Diese Methode fusst darauf, dass der Eisengehalt des Hämoglobins genau gekannt ist, das im Blute enthaltene Eisen aber ausschliesslich dem Hämoglobin angehört. Da das krystallisirte bei 100^0 getrocknete Hämoglobin 0·42 Proc. Eisen enthält, so ist, wenn p das gefundene metallische Eisen in Procenten bedeutet, der Procentgehalt des Blutes an Hämoglobin $\frac{100\ p}{0{\cdot}42}$. Die Bestimmung zerfällt in: a) die Einäscherung des Blutes, b) die Bereitung einer alles Eisen enthaltenden Lösung, c) die Reduction des darin als Chlorid enthaltenen Eisens zu Chlorür, und d) die Bestimmung des Eisens auf maassanalytischem Wege mittelst einer titrirten Chamäleonlösung. 2. Spectralanalytisch nach Preyer. Diese Methode beruht darauf, dass concentrirte Hämoglobinlösungen in einer Flüssigkeitsschicht von gewisser Dicke auch bei starker Beleuchtung für alle Strahlen, mit Ausnahme der rothen, undurchgängig sind, während weniger concentrirte Lösungen in derselben Schicht neben Roth und Orange namentlich einen Theil des Grüns unabsorbirt lassen. Verdünnt man daher eine abgemessene Blutmenge vor dem Spalte des Spectroskops so lange mit Wasser, bis im Spectrum Grün auftritt, so kann man, wenn ein- für allemal der procentische Gehalt einer Hämoglobinlösung, die gerade Grün unter genau denselben Bedingungen durchlässt, bestimmt ist, den Procentgehalt des Blutes an Hämoglobin finden. 3) Colorimetrisch nach Hoppe-Seyler durch die Intensität der Färbung nach Verdünnung des Blutes mit Wasser. Hier kann man wieder zwei Wege einschlagen, indem man entweder das mit

Wasser verdünnte Blut mit einer reinen Hämoglobinlösung von bekanntem Gehalte in gleicher Dicke der Schicht vergleicht, oder das Hämoglobin in Hämatin und Eiweissstoffe zerlegt, und nun nach Verdünnung mit Wasser mit einer alkalischen Lösung von Häminkrystallen von bekanntem Gehalte vergleicht. 4) Gasometrisch nach Quinquaud, indem man das Sauerstoffmaximum ermittelt, welches von der Volumenseinheit des gegebenen Blutes absorbirt wird, wobei vorausgesetzt wird, dass diese Sauerstoffmaxima genau proportional seien der Hämoglobinmenge, eine Voraussetzung, die noch zu wenig festgestellt ist, um diese Methode zu rechtfertigen.

Für die Physiologie und Pathologie wäre es zur Beurtheilung der Veränderungen des Blutes gleich wichtig, einen Ausdruck für das Verhältniss der feuchten Blutkörperchen, so wie wir sie im Blute annehmen müssen, zur Intercellularflüssigkeit oder dem Plasma zu gewinnen und dem Bestreben, diesem Postulate gerecht zu werden, verdanken wir die Methoden von C. Schmidt und von Hoppe-Seyler, welche in Nachstehendem, allerdings nur in den allgemeinsten Umrissen beschrieben werden sollen.

Die Methode von C. Schmidt fusst zunächst auf der Voraussetzung, dass die nach den älteren Methoden bestimmten trockenen Blutkörperchen: gefunden aus der Differenz des Rückstandes des defibrinirten Blutes und des Serumrückstandes (Becquerel und Rodier), in einem constanten Verhältnisse zu den feuchten, d. h. mit ihrem Wassergehalte gedachten, stehen müssen, da ja auch der Serumrückstand in einem constanten Verhältnisse zum Blutkuchenrückstand stehe. Dieses Verhältniss suchte Schmidt festzustellen und zwar 1) auf dem Wege mikrometrischer Messung der Volumensabnahme der Blutkörperchen beim Trocknen derselben, 2) durch das Volumenverhältniss der Blutkörperchen und des Plasmas im contrahirten Blutkuchen an mikroskopischen Querschnitten desselben; 3) durch die Vergleichung der in Blutkuchen und Serum ungleich vertheilten Mineralstoffe. Auf Grund dieser Bestimmungen gelangte er zu dem Coëfficienten = 4, als derjenigen Zahl, mit welcher die trockenen Blutkörperchen multiplicirt werden müssen, um die feuchten zu finden. Die trockenen Blutkörperchen aber bestimmt Schmidt auf indirecte Weise nach einem ähnlichen Principe wie Becquerel und Rodier. Zur Berechnung der trockenen Blutkörperchen werden als bekannte Grössen erfordert: Wassergehalt und Rückstand des Serums (auf gewöhnliche Weise bestimmt), Wassergehalt des Blutkuchens und Faserstoffgehalt des Blutes. Die Unbekannten sind das Gewicht der Blutkörperchen und das des Serumrückstandes des Blutkuchens. Ist a = Wassergehalt des Serums, b = Rückstand des Serums, a' = dem Wassergehalt des Blutkuchens, so ist $\frac{b \,.\, a'}{a} = x$, d. h. dem Serumrückstande des Blutkuchens. Zieht man von diesem den anderweitig bestimmten Faserstoff, sowie das Serumäquivalent: den auf den Blutkuchen treffenden Antheil des Serumrückstandes ab, so ist die Differenz = dem Gewichte der trockenen Blutkörperchen, die mit 4, dem von Schmidt gefundenen Coëfficienten, multiplicirt, das Gewicht der feuchten Blutkörperchen geben.

Die Blutanalyse nach Schmidt zerfällt 1) in die Bestimmung des Faserstoffs (durch Schlagen), 2) in die Analyse des Blutkuchens einer der Gerinnung überlassenen gewogenen Menge Blutes, 3) in die Analyse des vom Blutkuchen abgehobenen Serums, 4) in die Bestimmung des Gewichtes des Blutkuchens und des Serums, nachdem die Contraction des Blutkuchens ihr Maximum erreicht hat. Abgesehen von der Bestimmung, oder besser Berechnung der feuchten Blutkörperchen liegt das Eigenthümliche der Schmidt'schen Methode

darin, dass die einzelnen gefundenen Werthe nicht auf das Gesammtblut bezogen, sondern auf Blutkörperchen und Plasma gesondert repartirt werden. Dies setzt aber voraus, dass man die in einer gegebenen Menge Blut enthaltene Menge Serum kennt. Diese erfährt man, wenn man zu dem sich freiwillig abscheidenden Serum dasjenige addirt, welches dem Blutkuchen angehört.

Da nun aus der Analyse des Serums die diesem angehörigen Bestandtheile ihrem Gewichte nach bekannt und auch die dem Blutkuchen zukommenden Stoffe gesondert bestimmt sind, so lassen sich die Bestandtheile des Plasmas leicht berechnen und man erhält die Gewichtsmengen der den Blutkörperchen angehörenden Stoffe, wenn man von den dem Blutkuchen zukommenden Gewichtszahlen diejenigen abzieht, welche dem dazu gehörigen Serum angehören. Die Zusammenstellung der Resultate erhellt aus dem weiter unten zu gebenden Schema.

Die Schmidt'sche Methode ist als ein unleugbarer Fortschritt gegenüber den älteren zu betrachten, weil hier und zwar mit grossem Scharfsinn zum ersten Male der Versuch gemacht ist, die Analyse des Blutes physiologisch aufzufassen: allein die Richtigkeit des Coëfficienten 4, mit welcher die Methode gewissermaassen steht und fällt, ist namentlich von Sacharjin auf Grund seiner Beobachtungen bestritten; auch kann das Bedenken nicht verschwiegen werden, dass der Coëfficient ein wechselnder sein, oder dass mit anderen Worten der Wassergehalt der Blutkörperchen unter verschiedenen Lebensbedingungen auch ein verschiedener sein könne, was insbesondere für pathologische Verhältnisse keine unwahrscheinliche Annahme wäre.

Theoretisch vollkommen richtig sind die den Hoppe-Seyler'schen Methoden der Bestimmung der feuchten Blutkörperchen und des Plasmas zu Grunde liegenden Voraussetzungen. 1) Ist der Fibringehalt einer gewogenen Menge Blutes und ebenso der Fibringehalt einer gewogenen Menge Plasmas bekannt, so ist leicht zu berechnen, wie gross das Gewicht des in einer gegebenen Menge Blutes enthaltenen Plasmas ist, da ja das Fibrin ausschliesslich dem Plasma angehört. Ist aber das Plasma für eine gewogene Menge Blut berechnet, so erhält man, wenn man dasselbe von dem Gesammtgewichte des Blutes abzieht, als Rest das Gewicht der feuchten Blutkörperchen.

Die Ausführbarkeit dieser Methode ist aber der Natur der Sache nach eine beschränkte; sie setzt nämlich ein Blut voraus, dessen Gerinnung so spät erfolgt, dass die Blutkörperchen inzwischen Zeit gehabt haben, sich so weit zu senken, dass eine 30 bis 50 cbcm betragende Plasmaschicht von dem Blutkörperchensedimente noch vor der Gerinnung klar abgehoben werden kann. Dies ist aber nur für das Pferdeblut und für menschliches Blut bei einigen Entzündungskrankheiten die Regel; zwar kann man durch Kälte (Stellen in Eis) und durch Zusatz einer 4procentigen Lösung von saurem Natriumphosphat und zwar 2 Vol. auf 1 Vol. Blut (Masia) die Gerinnung verzögern und auf letztere Weise auch das Blut von anderen Thieren, z. B. von Hunden, nach der Hoppe-Seyler'schen Methode analysiren, aber immerhin wird durch die thatsächlichen Verhältnisse die allgemeine Anwendbarkeit der im Principe unstreitig richtigsten Methode wesentlich beeinträchtigt. Ist die Voraussetzung aber realisirt, so bietet die Ausführung keine Schwierigkeit.

In einer Partie Blutes wird durch Schlagen das Fibrin bestimmt, in einer abgehobenen Partie Plasma ebenfalls der Faserstoff durch Schlagen u. s. w. und eine dritte Partie Blut kann man freiwillig gerinnen lassen und das klar abgegossene Serum zur Bestimmung der Serumstoffe verwenden. Dies geschieht in der gewöhnlichen Weise; oder es wird das Albumin mittelst des Mitscherlich'schen oder Ventzke'schen Polarisationsapparates bestimmt. Da die

specifische Drehung des Serumalbumins bekannt ist: — 56^0, so erhält man, wenn a die beobachtete Drehung und l die Länge des Beobachtungsrohres, den Gehalt des Serums an Albumin durch die Formel: $\frac{a}{-56^0 . l}$ in Gramm für 1 cbcm Serum.

Da Plasma = Serum + Fibrin ist, so kann man durch Combination der Analyse des Serums und der Bestimmung des Fibrins im Plasma leicht die ganze Zusammensetzung des Plasmas berechnen, überhaupt alle gefundenen Bestandtheile auf Plasma und Blutkörperchen repartiren.

2) Berechnung des Gewichtes der feuchten Blutkörperchen aus dem Gehalte der letzteren an Hämoglobin und Eiweissstoffen. Diese Methode beruht darauf, dass sich die Blutkörperchen in einer Kochsalzlösung, welche über $1\frac{1}{2}$ Proc. Chlornatrium enthält, weder lösen, noch etwas Wesentliches an dieselben abgeben, während sich Blutserum damit klar mischt. Versetzt man daher defibrinirtes Blut mit einem grossen Ueberschusse der Kochsalzlösung, so senken sich darin die Blutkörperchen (aber leider nur jene des Blutes gewisser Thierclassen: der Vögel, Fische und Amphibien) vollständig, und es kann so die Trennung der Blutkörperchen vom Serum bewirkt werden. In den wiederholt gewaschenen ersteren bestimmt man Hämoglobin und Eiweissstoffe durch Fällen ihrer Lösung mit Weingeist, ferner im ganzen Blute dieselben Bestandtheile auf dieselbe Weise, und erhält so, wenn man das Gewicht des Hämoglobins + Eiweissstoffe des Blutkörperchensedimentes von dem Gewichte derselben Bestandtheile des ganzen Blutes abzieht, das Gewicht der Eiweissstoffe des Blutplasmas. Bestimmt man ausserdem den Faserstoffgehalt des Blutes, dann die Eiweissstoffe des Serums aus einer der freiwilligen Gerinnung überlassenen Parthie Blutes, so hat man sämmtliche zur Ermittelung des Gehaltes des Blutes an feuchten Blutkörperchen erforderliche Werthe. Man berechnet nämlich aus den Eiweissstoffen des Serums den Serumgehalt des Blutes, erfährt, indem man zu dem Serum den Fibringehalt des Blutes addirt, den Plasmagehalt, und, indem man das Gewicht des Plasmas von jenem des ganzen Blutes abzieht, das Gewicht der feuchten Blutkörperchen.

3) Ein Versuch von Bunge, eine genaue Bestimmungsmethode der Blutkörperchen und ihres Verhältnisses zum Plasma auf die Bestimmung eines anorganischen Bestandtheils des Serums zu gründen, welcher ausschliesslich dem Serum angehört, wobei vorzugsweise Chlor und Natrium in Betracht kämen, führte zu dem Resultate, dass Chlor in Blutkörperchen und Serum enthalten seien, Natrium dagegen im Schweineblute und im Pferdeblute ausschliesslich dem Serum angehören. Bei diesen Blutarten kann man daher die Menge der Blutkörperchen durch eine Natronbestimmung im Gesammtblute und im Serum feststellen. Da aber im Rinder- und Hundeblute nach den Versuchen von Bunge Natrium auch ein Bestandtheil der Blutzellen ist, und menschliches Blut von Bunge gar nicht in den Kreis seiner Untersuchung gezogen wurde, so ist die Anwendbarkeit dieser Methode, die ausserdem eine ziemlich umständliche ist und weiterer Prüfung bedürftig erscheint, eine sehr beschränkte.

Andere Vorschläge zur Bestimmung der feuchten Blutkörperchen und ihres Verhältnisses zum Plasma, wie z. B. der, die Blutkörperchen durch Zählung zu bestimmen, gehören ihrer Natur nach nicht in das Gebiet der Chemie, daher wir sie übergehen.

Quantitative Zusammensetzung des gesunden venösen Blutes von Menschen und höheren Säugethieren.

Quantit. Zusammensetzung venösen Blutes.

Wir theilen beispielsweise die Resultate einiger Analysen gesunden Blutes von Menschen und Thieren mit.

100 Thle. Blut eines gesunden Mannes von 25 Jahren gaben nach C. Schmidt nach seiner Methode analysirt:

51·31 Blutzellen		48·69 Plasma	
Wasser	34·97	Wasser	43·90
Feste Stoffe	16·34	Feste Stoffe	4·79
Hämoglobin	15·96	Fibrin	0·39
Anorganische Salze	0·37	Albumin und Extractivstoffe	3·98
Chlorkalium	0·19	Anorganische Salze	0·41
Kaliumsulfat	0·007	Chlorkalium	0·02
Kaliumphosphat	0·120	Kaliumsulfat	0·013
Natriumphosphat	0·032	Chlornatrium	0·270
Natron	0·027	Natriumphosphat	—
Calciumphosphat	0·005	Natron	0·074
Magnesiumphosphat	0·003	Calciumphosphat	0·014
		Magnesiumphosphat	0·010

100 Thle. Blutzellen		100 Thle. Plasma	
Wasser	68·16	Wasser	90·15
Feste Stoffe	31·84	Feste Stoffe	9·85
Hämoglobin	31·11	Fibrin	0·81
Anorganische Salze	0·73	Albumin und Extractivstoffe	8·19
Chlorkalium	0·368	Anorganische Salze	0·85
Kaliumsulfat	0·013	Chlorkalium	0·036
Kaliumphosphat	0·234	Chlornatrium	0·554
Natriumphosphat	0·063	Kaliumsulfat	0·028
Natron	0·013	Natriumphosphat	0·027
Calciumphosphat	0·009	Natron	0·153
Magnesiumphosphat	0·006	Calciumphosphat	0·029
		Magnesiumphosphat	0·022

Bei der Analyse des Pferdeblutes nach seiner Methode erhielt F. Hoppe-Seyler in 100 Thln. Gesammtblut:

Blutzellen	32·62
Plasma	67·38

In 100 Thln. Blutzellen:

Wasser	56·50
Feste Stoffe	43·50

In 100 Thln. Plasma:

Wasser	90·84
Feste Stoffe	9·16
Fibrin	1·01
Albumin	7·76
Fett	0·12
Extractivstoffe	0·40
Lösliche Salze	0·64
Unlösliche Salze	0·17

Für Schweineblut erhielt Bunge nach seiner Methode folgende Zahlen. In 100 Thln. defibrinirten Blutes fand er:

43·68 Blutzellen		56·32 Serum	
Wasser	27·61	Wasser	51·79
Feste Stoffe	16·07	Feste Stoffe	4·53
Hämoglobin	11·40	Albumin	3·81
Albumin	3·76	Extractivstoffe	0·28
Extractivstoffe	0·52	Anorganische Salze	0·43
Anorganische Salze	0·39	Kali	0·015
Kali	0·242	Natron	0·241
Magnesia	0·007	Kalk	0·007
Chlor	0·065	Magnesia	0·002
Phosphorsäure	0·090	Eisenoxyd (?)	0·0006
		Chlor	0·203
		Phosphorsäure	0·011

100 Thle. Blutzellen		100 Thle. Serum	
Wasser	63·21	Wasser	91·96
Feste Stoffe	36·79	Feste Stoffe	8·04
Hämoglobin	26·10	Albumin	6·77
Albumin	8·61	Extractivstoffe	0·50
Extractivstoffe	0·12	Anorganische Salze	0·77
Anorganische Salze	0·89	Kali	0·27
Kali	0·55	Natron	0·43
Magnesia	0·16	Kalk	0·14
Chlor	0·15	Magnesia	0·004
Phosphorsäure	0·21	Eisenoxyd	0·001
		Chlor	0·36
		Phosphorsäure	0·019

Bezüglich der genauen Beschreibung der Berechnung dieser von Bunge ausgeführten Analysen, die manche bedenkliche Seiten darbieten, müssen wir auf die Originalabhandlung [1]) verweisen.

Zusammensetzung der Blutkörperchen.

Quantitative Analysen der Blutkörperchen nach der Hoppe-Seyler'schen Methode bestimmt, liegen von Jüdell vor. Derselbe vermischte defibrinirtes Blut mit viel verdünnter Kochsalzlösung, extrahirte aus den abgesetzten Blutkörperchen durch Wasser Hämoglobin und lösliche Eiweissstoffe, durch Aether Lecithin und Cholesterin, und berechnete den Rückstand als unlösliche Eiweissstoffe und Salze. In dem Wasserextracte wurde unter Hinzurechnung des Eisens die Menge der organischen Bestandtheile und des Hämoglobins colorimetrisch und nach Preyer bestimmt, und die aus dem Aetherextracte bestimmte Phosphorsäure geradezu auf Lecithin berechnet; der Rest wurde als Cholesterin angenommen. Nach dieser keinesfalls sehr genauen Methode wurden für 100 Thle. trockner Blutkörperchen erhalten:

	Mensch (Aderlassblut)		Hund (Carotisblut)
Eiweissstoffe	12·24	5·10	12·55
Hämoglobin	86·79	94·30	86·50
Lecithin	0·72	0·35	0·59
Cholesterin	0·25	0·25	0·36

Bestimmungen des Hämoglobins.

Bestimmungen des Hämoglobins nach dem Eisengehalte, und nach der spectroskopischen Methode von Preyer liegen für Menschen-

[1]) G. Bunge: Zur quantitativen Analyse des Blutes. Zeitschr. f. Biol. XII, 191.

blut und das Blut verschiedener Thiere in ziemlicher Anzahl vor. Nach von Preyer gegebenen Zusammenstellungen beträgt der Hämoglobingehalt des Blutes bei Säugethieren 12 bis 15 Proc.; beim Menschen und zwar beim Manne 15·07 im *Maximum*, 12·09 im *Minimum* und 13·58 Proc. im Mittel; bei der Frau 13·69 im *Maximum*, 11·57 im *Minimum* und 12·63 im Mittel. Quincke fand für normales menschliches Blut 14·4, 14·1 und 14·6 Proc. Hämoglobin. Nach den Bestimmungen von Ssubbotin kommen bei Hunden auf 100 Grm. Körpergewicht zwischen 0·680 und 0·852 Grm. Hämoglobin, im Mittel daher 0·764 Grm.; beim Kaninchen 0·346 bis 0·348 Grm. Vergl. M. Wiskemann, Zeitschr. f. Biol. XII, 434.

Eine von C. Vierordt ersonnene Methode, um den Hämoglobingehalt sehr kleiner Blutmengen spectroskopisch zu bestimmen, sei hier nur erwähnt. Sie ist eine rein physikalische und liefert Relativzahlen, abgeleitet aus den Exstinctionscoëfficienten der beobachteten Lichtstärke an der Stelle des zweiten Absorptionsbandes im Grün des 100fach verdünnten Blutes.

Zucker- und Harnstoffgehalt des Blutes.

Ueber den Zuckergehalt des Blutes liegen quantitative Bestimmungen von Abeles, Pavy und Cl. Bernard vor. Ersterer fand für arterielles Blut durchschnittlich 0·047 Proc., für venöses 0·053 Proc., demnach das venöse Blut zuckerreicher. Pavy fand im Mittel aus mehreren Analysen für Hundeblut 0·0787 Proc., für Schafblut 0·0521 Proc., für Ochsenblut 0·0543 Proc., aber keinen wesentlichen Unterschied im Zuckergehalte arteriellen und venösen Blutes. Zu ganz anderen Ergebnissen aber kam Cl. Bernard. Nach des Letzteren neuerlichen Bestimmungen betrüge der normale Zuckergehalt des Blutes zwischen 0·1 bis 0·3 Proc., und enthielte das arterielle Blut zu einer gegebenen Zeit in verschiedenen Gefässprovinzen gleich viel Zucker. Das Venenblut dagegen zeige nach Cl. Bernard grössere Differenzen, enthalte aber immer weniger Zucker als das arterielle (arterielles Blut 0·1 bis 0·15 Proc., venöses 0·067 bis 0·108 Proc.). Die Lösung dieser Widersprüche bleibt der Zukunft vorbehalten.

Aus den Versuchen, welche Picard über den Harnstoffgehalt des Blutes anstellte, würde sich für das Blut gesunder Individuen derselbe durchschnittlich auf 0·016 Proc. stellen.

Die aus diesen und anderen Blutanalysen zu ziehenden Schlüsse sind folgende: 1) der Wassergehalt der Blutzellen ist erheblich geringer, wie jener des Plasmas und des Serums; 2) die anorganischen Bestandtheile sind in Blutzellen und Plasma sehr ungleich vertheilt. Das Eisen gehört namentlich den Blutzellen an (der geringe von Bunge gefundene Eisengehalt des Serums rührt wohl von aufgelösten Blutzellen her), das Natrium bei gewissen Blutarten ausschliesslich dem Serum (Schweineblut und Pferdeblut), die übrigen gemeinsamen Aschenbestandtheile sind aber sehr ungleich vertheilt. Im Plasma wiegt das Chlor und die Schwefelsäure vor, in den Blutzellen aber das Kalium und die Phosphorsäure. Die phosphorsauren Erden gehören ebenfalls vorwiegend dem Plasma an. Im Schweine- und Rinderblute ist nach den Analysen von Bunge Kalk

nur im Serum enthalten. Nach diesem Beobachter zeigen die verschiedenen Blutarten im Serum einen nahezu constanten Gehalt an Kali und Natron.

Quantitative Zusammensetzung der Blutgase.

Quantitative Zusammensetzung der Blutgase.

Magnus war der Erste, der quantitative Bestimmungen der Blutgase unternahm; nach ihm haben sich in neuerer Zeit L. Meyer (unter Bunsen's Leitung), J. Setschenow, Schöffer, Preyer, Sczelkow, Nawrocki, Pflüger, Zuntz, Hering und noch mehrere Andere mit der Analyse der Blutgase beschäftigt. Bei der Vollkommenheit der gasometrischen Methoden durfte man Zahlen erwarten, welche einen sehr annähernd wahren Ausdruck für die wirklichen Verhältnisse geben würden; allein leider haben neuere Beobachtungen ergeben, dass alle Methoden, um das Blut vollkommen gasfrei zu machen, somit alles im Blute enthaltene Gas und dadurch einen wahren Ausdruck für den Gesammtgehalt des Blutes an Gasen zu gewinnen, zu einer Zersetzung des Blutes und zu einer fortdauernden Sauerstoffconsumtion und Kohlensäurebildung führen, und es haben daher die verschiedenen Beobachter in dieser Beziehung sehr wenig übereinstimmende Zahlen erhalten. Auch muss hervorgehoben werden, dass die meisten Versuche nicht mit Menschenblut, sondern mit arteriellem Blute verschiedener Säugethiere angestellt wurden, so dass sie nur mit grosser Vorsicht zu Schlüssen in der Physiologie des Menschen verwerthet werden dürfen.

Magnus trieb die Gase des Blutes durch Auspumpen unter dem Recipienten der Luftpumpe aus und fing sie über Quecksilber auf, oder er trieb die Gase durch Schütteln mit anderen Gasen aus. Lothar Meyer kochte mit dem zehnfachen Volumen Wasser verdünntes, unter Abschluss der Luft gesammeltes Blut, zuerst im luftverdünnten Raume bei sehr niederem Wärmegrade aus, und bezeichnete die so gewonnenen Gase als freie. Das so behandelte Blut wurde hierauf nach Zusatz einiger Weinsäurekrystalle abermals unter dem Recipienten ausgekocht und das so gewonnene Gas als gebundenes aufgeführt. Endlich wurde in einer Versuchsreihe das Blut auch gleich anfangs mit Weinsäure versetzt. Setschenow fand, dass bei der von L. Meyer und Fernet angewandten Methode das Blut gasfrei zu machen, dasselbe noch keinesfalls wirklich gasfrei ist, und dass namentlich das Aufhören des grossblasigen Schäumens kein sicheres Merkmal dafür abgiebt. Setschenow setzte das Auspumpen so lange fort, bis das Blut in einer Schicht von 2 bis 3 Centimeter Dicke eine vollständig schwarze Farbe angenommen hatte und benutzte einen eigenthümlichen Apparat zur Aufsammlung der Gase. Nach denselben oder ähnlichen Methoden arbeiteten Preyer, Schöffer, Nawrocki und Sczelkow.

Pflüger dagegen leitete die Blutgase nicht wie seine Vorgänger in das mit Wasserdampf erfüllte Vacuum, sondern in das trockene mittelst einer eigens construirten Quecksilberpumpe, wobei er fand, dass

alle Gase des Blutes in das trockene Vacuum vollständig entweichen, so dass namentlich auch Säuren keine Kohlensäure aus dem entgasten Blute mehr auszutreiben vermögen. Wurde aber zu dem völlig entgasten Blute eine verdünnte Lösung von Natriumcarbonat gebracht, so fand neuerdings Kohlensäureentwickelung statt, da nun durch die Zersetzung des Hämoglobins Säuren frei geworden waren, welche die Kohlensäure aus Carbonaten austreiben können. Später hat Pflüger darauf hingewiesen, dass bei allen bis dahin, auch den von ihm selbst ausgeführten Bestimmungen der Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes zu niedrig, der Kohlensäuregehalt aber zu hoch gefunden wurden, da in dem frischen Blute ungemein rasch Sauerstoffverbrauch und Kohlensäurebildung stattfinde, und die Entgasung des Blutes daher viel rascher stattfinden müsse als bisher, wenn richtige Zahlen für den Gasgehalt des Blutes gefunden werden sollen. Es gelang Pflüger, seine Auspumpungsmethode so zu vervollkommnen, dass er das vollständige Entgasen des Blutes in eben so viel Minuten auszuführen vermochte, als sonst Stunden erforderlich waren.

Nach den Bestimmungen Pflüger's enthält das arterielle Hundeblut in Volumprocenten:

	Bei 760 Millimeter Druck und 0⁰	Bei 1 Meter Druck
Kohlensäure	34·3	26·2
Sauerstoff	22·2	16·9
Stickstoff	1·8	1·4

Der beobachtete Maximalwerth des Sauerstoffs betrug 25·4 Proc. bei 760 Mm. Druck, oder 19·35 Proc. bei 1 M. Druck.

Mit Pflüger's Mittelwerth für den Sauerstoff stimmt übrigens der von A. Schmidt gefundene (16·4 Proc.) nahe überein, und es entfernen sich davon auch die von älteren Beobachtern (Setschenow, Schöffer, Sczelkow, Nawrocki, Holmgren, Preyer, Hering und Anderen) gefundenen Zahlen nicht allzusehr, ja stimmen damit auch wohl zum Theil annähernd überein. Dasselbe gilt für Kohlensäure.

Abhängigkeit des Gasgehaltes des Blutes vom Drucke und der Temperatur.

Aus den Untersuchungen von Bert, sowie aus jenen von Matthieu und Urbain ergiebt sich, dass der Gasgehalt des Blutes, und zwar namentlich sein Gehalt an Sauerstoff und Kohlensäure, sehr wesentlich von dem Drucke abhängig ist, unter welchem die Inspirationsluft steht. Je höher dieser Druck, desto höher der Gasgehalt. Dieses lehren nachstehende von Matthieu und Urbain und von Bert erhaltene Zahlen: Bei einem Hunde enthielten 100 Vol. Blut:

Luftdruck in Millimetern	Sauerstoff	Kohlensäure	Beobachter
794	24·0	56·5	Matthieu und Urbain
764	22·5	51·5	dito
760	17·4	33·8	Bert
734	20·5	49·7	Matthieu und Urbain
560	15·5	28·0	Bert
460	12·5	26·4	dito
360	10·8	22·8	dito

Bert fand bei einem Hunde für abnorme Druckvermehrung nachstehende tabellarisch zusammengestellte Zahlen:

Druck in Atmosphären	Sauerstoff	Kohlensäure	Stickstoff
1	19·4	35·3	2·2
3	20·9	35·1	4·7
6	23·7	35·6	8·1
10	24·6	36·4	11·3

Wie man aus diesen Tabellen ersieht, steigt der Sauerstoffgehalt des Blutes mit der Druckerhöhung viel weniger, als er bei Druckverminderung sinkt. Bert meint, dass bei normalem Drucke das Hämoglobin mit Sauerstoff nahezu gesättigt sei, bei niedrigem Drucke Dissociation stattfinde und bei höherem der Sauerstoff nur im Plasma gelöst vorkomme (?). Der Kohlensäuregehalt des Blutes wird durch Druckerhöhung fast gar nicht beeinflusst, der Stickstoffgehalt aber, ohne genau dem Dalton'schen Gesetze zu folgen, sehr erhöht.

Die Abnahme des Sauerstoffs bei Druckminderung macht sich schon bei einer Abnahme des Druckes um 200 Mm. geltend (mexicanische Hochebene), und der Sauerstoff nimmt rascher und regelmässiger ab, als die Kohlensäure (Bert).

Die Temperatur übt auf den Gasgehalt des Blutes ebenfalls einen bestimmten Einfluss aus. Das arterielle Blut ist im Winter sauerstoffreicher als im Sommer; der Unterschied im Sauerstoffgehalte des arteriellen und venösen Blutes ist im Winter grösser wie im Sommer (Matthieu

und Urbain). Später fanden die letztgenannten Beobachter, dass mit der Abkühlung des Körpers der Sauerstoffgehalt des Blutes sinkt, bei der Erwärmung steigt (?). Dieselben Beobachter fanden ferner Verminderung des Sauerstoffgehaltes des Blutes (bei einem Hunde) in Folge successiver Blutentziehungen, und den Gehalt des Blutes an Sauerstoff und Kohlensäure bedeutender in grösseren Arterien wie in kleineren, unabhängig jedoch von der Entfernung vom Herzen.

Blutgase erstickter Thiere.

Setschenow hat die Blutgase erstickter Thiere untersucht und gefunden, dass in dem Zeitpunkte der Erstickung, in welchem sich die Reflexe vom Nervus quintus aus bereits verloren haben, Athembewegung und Herzschläge aber noch bestehen, das Blut keinen durch Kochen und Auspumpen abscheidbaren Sauerstoff mehr enthälte. Dies zusammengehalten mit der Beobachtung W. Müller's (vgl. S. 53) und Stroganow's, dass zu dieser Periode auch nahezu aller Sauerstoff aus der Lungenluft entfernt ist, giebt einen weiteren Beleg für die energischen Affinitäten des lebenden Thieres zum Sauerstoff. Das Blut eines erstickenden Thieres enthält gleichwohl bis zum letzten Momente Oxyhämoglobin (Stroganow).

Quantitative Zusammensetzung der Blutasche.

Zusammensetzung der Blutasche

Die Blutasche, d. h. der beim Verbrennen des Blutes und der Blutkohle bleibende Rückstand, ist vielfach analysirt worden, allein nicht immer nach fehlerfreien Methoden. Wir stellen unten die nach exacteren Methoden ausgeführten Aschenanalysen zusammen, wobei wir bemerken müssen, dass dieselben nach den älteren Aequivalenten und Formeln (Na O, K O, Ca O etc.) berechnet sind.

von Pflanzenfressern,

Bestandtheile in 100 Thln. der Asche:	Ochsenblut				Schafblut		Kalbsblut	
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Chlornatrium . . .	46·66	59·12	53·71	51·19	57·11	50·62	50·19	59·53
Natron	31·90	13·00	14·40	12·41	13·33	13·40	10·39	10·40
Kali	7·00	5·60	8·76	7·62	5·29	7·93	11·74	9·81
Kalk	0·73	0·85	0·70	1·56	1·00	1·10	1·85	1·60
Bittererde	0·24	0·47	0·59	1·02	0·30	0·82	1·15	1·19
Eisenoxyd	7·03	9·00	8·80	10·58	8·70	9·17	8·16	7·80
Phosphorsäure . .	4·17	5·06	4·64	5·66	5·21	4·99	8·36	6·73
Schwefelsäure . .	1·16	1·25	1·16	5·16	1·65	1·91	1·34	1·21
Kieselsäure . . .	1·11	—	—	2·81	—	—	—	—
Kohlensäure . . .	—	6·57	6·49	1·99	7·09	6·35	3·77	3·57

I. von Weber nach Rose's Methode, II. und III. von Verdeil, IV. von Stölzel nach Strecker's Methode, V., VI., VII. und VIII. von Verdeil ausgeführt.

Bestandtheile in 100 Thln. der Asche:	Schweinsblut		Hundeblut		Hundeblut, arterielles	Menschenblut		Hühnerbl.
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Chlornatrium .	41·31	49·51	49·85	50·98	50·34	61·99	55·63	39·73
Natron . . .	7·62	5·33	5·78	2·02	14·33	2·03	6·27	8·93
Kali	22·21	18·54	15·16	19·16	4·43	12·70	11·24	18·41
Kalk	1·20	1·90	0·10	0·70	1·01	1·68	1·85	1·08
Bittererde . .	1·21	0·97	0·67	4·38	0·79	0·99	1·26	0·22
Eisenoxyd . .	9·10	9·50	12·75	8·65	9·14	8·06	8·68	3·89
Phosphorsäure	12·29	12·75	13·96	11·69	13·44	9·36	11·10	26·62
Schwefelsäure	1·74	1·34	1·71	1·08	4·08	1·70	1·64	1·19
Kieselsäure .	—	—	—	—	—	—	—	—
Kohlensäure .	0·69	0·36	0·53	0·37	—	1·43	0·95	—

von Fleischfressern und körnerfressenden Thieren.

I., II., III., IV. sind von Verdeil ausgeführt, V. von Jarisch, VI. von Verdeil, VII. von Henneberg. III. nach 18tägiger Fleischnahrung, IV. nach 20tägiger Fütterung mit Brot und Kartoffeln, VI. Mann von 45 Jahren an Verdauungsschwäche leidend, VII. Mädchen von 22 Jahren, vollblütig.

E. Salkowski fand im Blutserum von gesunden Menschen in zwei Fällen das Verhältniss des Kaliums zur Summe von Kalium und Natrium = 13·9 Proc. und 10·4 Proc., ein grösseres, als es in zwei Fällen von A. Schmidt (7·6 Proc. und 8·6 Proc.) gefunden wurde.

Die aus allen diesen Analysen sich ergebenden Schlüsse sind von physiologischem Interesse. Vor Allem zeigen sie, dass die Blutasche eines und desselben Thieres in ihrer Zusammensetzung erhebliche Verschiedenheiten zeigen kann, dass aber letztere vorzugsweise durch die Art der Nahrung in constanter Weise beeinflusst werden; die Blutasche der grasfressenden Thiere ist durchweg reicher an Kohlensäure, dagegen ansehnlich ärmer an Phosphorsäure, wie die Blutasche der fleisch- und körnerfressenden Thiere, während die Blutasche der Omnivoren hinsichtlich des Gehaltes an Phosphorsäure in der Mitte zwischen beiden steht. Wir haben auf die von Liebig so treffend erläuterte physiologische Bedeutung dieser Thatsache bereits im zweiten Abschnitt S. 97 hingewiesen. Die für den Chlornatriumgehalt des Blutes gefundenen Zahlen zeigen bedeutende Differenzen. Zum Theil mögen die Abweichungen durch die Art der Einäscherung bedingt sein, doch ist auch in den nach dem nämlichen Verfahren dargestellten Blutaschen der Chlorgehalt so

wechselnd, dass ein verschiedener Gehalt an Kochsalz angenommen werden muss.

Eine von Weber ausgeführte Analyse der Asche des Serums und Blutkuchens eines und desselben Blutes bestätigt die von C. Schmidt nachgewiesene ungleiche Vertheilung der Aschenbestandtheile in Plasma und Blutkörperchen in fast allen Punkten. Sie constatirt, dass das Kochsalz, die Natriumsalze und die Schwefelsäure vorzugsweise dem Serum, die Kaliumsalze dagegen und die Phosphorsäure vorzugsweise den Blutkörperchen angehören.

Millon hat angegeben, dass, wenn man Menschenblut durch Einleiten von Chlorgas coagulire, die Lösung abfiltrire, eindampfe, glühe und mit Wasser auslauge, man einen unlöslichen Rückstand erhalte, der in 100 Thln. 1 bis 5 Thle. Blei, 0·5 bis 2·5 Thle. Kupfer und 10 bis 24 Thle. Mangan enthalte. Burin de Buisson fand dagegen im Blute des Menschen weder Blei noch Kupfer, dagegen in 1000 Thln. Blutes 0·06 Manganoxyd. Malaguti, Durocher und Sarzeaud wollen sogar Silber im Ochsenblute nachgewiesen haben. Spuren von Lithion fand mittelst des Spectralapparates Folwarczny im Blute.

Alle diese Angaben sind mit Vorsicht aufzunehmen, und es müssen ausser Mangan die obengenannten Metalle, woferne sie überhaupt gefunden wurden, als zufällige Bestandtheile des Blutes angesehen werden.

Verschiedenheiten in der quantitativen Zusammensetzung des Blutes verschiedener Gefässbezirke.

Zusammensetzung des Blutes verschiedener Gefässe und Gefässbezirke.

Ueber die Verschiedenheit der Zusammensetzung des Blutes verschiedener Gefässe und Gefässbezirke sind mehrere Untersuchungen angestellt; allein es können die Resultate derselben physiologisch nur zum Theil verwerthet werden und bieten manches principiell Schwankende dar. Vor Allem beziehen sich die angestellten Versuche meist auf Blut von Thieren; es ist daher die einfache Uebertragung der gefundenen Verhältnisse auf jene des Menschenblutes schon an und für sich nicht ganz unbedenklich; dann aber müssten, um festzustellen, ob die gefundenen Abweichungen in der Zusammensetzung in der That abhängig sind von den Gefässen, Gefässbezirken u. s. w., alle übrigen Bedingungen, die auf die Blutzusammensetzung Einfluss üben, gleich gemacht werden können; oder es müsste das Mittel so zahlreicher Analysen verglichen werden, dass die Annahme zulässig würde, es sei die jeder Blutart unwesentliche Eigenthümlichkeit durch gegenseitige Compensation eliminirt worden. Diese Postulate sind aber durch die vorhandenen Beobachtungen keineswegs alle erfüllt, wie denn auch das Bedenken kein leicht zu beseitigendes ist, dass die Mischung von Plasma und Blutkörperchen in ein und demselben Gefässe in sehr kurz aufeinander folgenden Zeiten sich merklich ändern könne. Nach den Strömungs-

verhältnissen des Blutes und den gegebenen Widerständen muss es sich oft genug ereignen, dass das aus einer beliebigen Arterie stammende und dort gleichmässig gemengte Blutvolum in den Venen ungleichmässig gemischt anlangt, indem je nach der Geschwindigkeit des Stromes dasselbe bald reicher, bald ärmer an Blutkörperchen sein wird: woraus folgt, dass die zu denselben Zeiten an verschiedenen Orten, oder zu verschiedenen Zeiten an demselben Orte aufgefangenen Blutmengen von sehr verschiedener Zusammensetzung gefunden werden können, ohne dass irgend welche chemische Alteration mit dem Plasma oder den Blutkörperchen vorgegangen ist. Die Erfahrung, dass verschiedene Portionen an ein und demselben Orte unmittelbar hinter einander gelassenen Blutes (Aderlassblut) ungleich zusammengesetzt sind, giebt den erörterten Bedenken Gewicht (Ludwig). Unseres Erachtens bedürften alle vorhandenen diese Fragen betreffenden Untersuchungen einer Revision, schon um deswillen, weil seit der Zeit, als sie angestellt wurden, die Methoden wesentliche Fortschritte gemacht haben.

Wir beschränken uns daher darauf, nur dasjenige über diese Verhältnisse kurz mitzutheilen, was vor einer strengeren Kritik Stand hält und mehr oder weniger unbestritten ist.

A. Arterielles und venöses Blut.

Arterien- und Venenblut.

Die angestellten vergleichenden Untersuchungen beziehen sich meist auf das Blut von Pferden und Hunden, nur wenige auf das des Menschen, ferner zunächst auf das Blut der Art. Carotis und der V. jugularis.

Die Differenzen des Gesammtblutes, so wie sie sich aus den Untersuchungen von H. Nasse, Lehmann und Wiss ergeben haben, lassen sich übersichtlich in nachstehender Weise tabellarisch zusammenfassen:

Physikalische Charaktere und chemische Bestandtheile	Arterienblut	Venenblut
Temperatur	etwa um 1⁰ C. höher	niedriger
Farbe	heller u. nicht dichroitisch	dunkler und dichroitisch
Gasgehalt	relativ mehr Sauerstoff	relativ mehr Kohlensäure
Wasser	mehr	weniger
Fibrin	mehr	weniger
Blutkörperchen (Hämoglobin)	weniger	mehr
Albumin	keine constante Differenz	keine constante Differenz
Fette	desgleichen	desgleichen
Extractivstoffe	mehr	weniger
Harnstoff	weniger	mehr
Salze	mehr	weniger
Zucker	mehr	weniger

Nach Cl. Bernard enthält das arterielle Blut mehr Zucker wie das venöse, während Abeles zu dem entgegengesetzten Resultate kam, und F. W. Pavy gar keine Differenz im Zuckergehalte des arteriellen und venösen Blutes constatiren konnte (vergl. S. 348). Harnstoff enthält nach Picard venöses Blut ebensoviel wie arterielles, doch scheint diese Angabe, mit früheren desselben Beobachters im Widerspruche, nicht exact begründet.

Es muss jedoch ausdrücklich und wiederholt erwähnt werden, dass diese Angaben nicht durchweg als festgestellt zu betrachten sind, und dass sie sich zumeist nur als Gesammtmittel aller Beobachtungen, wobei den Vergleichungen Carotiden- und Jugularvenenblut zu Grunde gelegt wurde, betrachten lassen; dass endlich bei der Untersuchung des Blutes der Vena abdomin. extern., digitalis und cephalica vielfach abweichende Resultate erhalten wurden.

Die Volumenseinheit des Jugularvenenblutes giebt mit Wasser vermischt eine tiefer rothe Farbe als die Volumenseinheit des Carotidenblutes mit derselben Wassermenge. Dieser Unterschied besteht auch dann noch, wenn das venöse Blut durch Schütteln vorher hellroth gemacht wurde. Heidenheim schliesst daraus auf einen grossen Gehalt des venösen Blutes an Blutkörperchen, was demnach das auf chemischem Wege gewonnene Resultat bestätigen würde.

B. Pfortader- und Lebervenenblut.

Pfortader- und Lebervenenblut.

Die Vergleichung des Pfortader- und des Lebervenenblutes bezüglich seiner Zusammensetzung lässt bei den Verhältnissen des Stoffwechsels

in der Leber wesentliche Unterschiede von vornherein erwarten, und in der That sind von verschiedenen bewährten Beobachtern auch welche gefunden (C. G. Lehmann, C. Schmidt, Cl. Bernard). Die gefundenen Differenzen finden ihren übersichtlichen Ausdruck in untenstehender Tabelle:

Bestandtheile	Pfortaderblut	Lebervenenblut
Plasma	mehr	weniger
Feuchte Blutzellen	weniger	mehr
Wasser	mehr	weniger
Faserstoff	zugegen	fehlend (?)
Albumin des Serums	mehr	weniger
Extractivstoffe	weniger	mehr
Zucker	fehlend oder nur Spuren	reichlich
Salze	mehr	weniger
Fette	mehr	weniger

Die rothen Blutzellen des Lebervenenblutes sind kleiner und mehr sphärisch wie jene der Pfortader, welche unter dem Mikroskope oft fleckig, verzerrt und zackig erscheinen, und sie werden von Wasser weniger leicht ausgedehnt; auch sind im Lebervenenblute die farblosen Blutzellen in grösserer Menge vertreten. Nach den Zählungen von Hirt kommen in der Pfortader auf eine farblose Blutzelle 524 rothe, in der Lebervene dagegen nur 136.

Der Wassergehalt des Gesammtblutes wurde von Lehmann in dem Pfortaderblute von Pferden und Hunden durchschnittlich höher gefunden, wie im Lebervenenblute, ebenso aber auch der Gehalt an Eisen: da aber die Blutzellen im Lebervenenblute in grösserer Menge vorhanden sind, so müssen die Blutzellen des Lebervenenblutes eisenärmer, d. h. ärmer an Haematin sein. Nach Lehmann enthalten endlich die Blutzellen des Pfortaderblutes doppelt so viel Fett wie jene des Jugularvenenblutes.

Cl. Bernard, C. Schmidt und C. G. Lehmann constatirten übereinstimmend, dass das Pfortaderblut (von Pferden und Hunden) nur sehr wenig oder gar keinen Zucker enthält, während das Blut der Lebervenen daran sehr reich ist. In letzterem fanden Lehmann und C. Schmidt 0·635—0·990 Proc. (für 100 Thle. Blutrückstand). Auch Cl. Bernard fand das Lebervenenblut sehr reich an Zucker 0·26 u. 0·25 Proc. (für 100 Thle. Blut).

Abeles dagegen konnte einen Unterschied zwischen dem Zuckergehalte des Pfortader- und Lebervenenblutes nicht finden. Zur Lösung dieser Wiedersprüche wären neue mit Umsicht angestellte Versuche sehr wünschenswerth, um so mehr als Cl. Bernard darauf aufmerksam macht, dass der Zuckergehalt des Blutes beim Stehen rasch abnehme, und es, um richtige Resultate zu erhalten, nöthig sei, die Blutproben dem lebenden Thiere mittelst langer elastischer, direct in die Gefässe einmündender Sonden zu entnehmen.

C. Vergleichende Zusammensetzung des Blutes anderer Gefässbezirke.

Blut anderer Gefässbezirke.

Vergleichende Untersuchungen liegen zunächst für das Milzvenenblut vor. Dasselbe soll wasserreicher und blutzellenärmer sein, wie das Jugularvenenblut und bei der Gerinnung mehr Fibrin liefern, wie letzteres, dagegen weniger Albumin führen. Doch fehlt es bezüglich des Fibrins nicht an widersprechenden Angaben.

Milzvenenblut.

Die rothen Blutkörperchen des Milzvenenblutes sind kleiner als die des Milzarterienblutes, vielfach zackig und oft sehr hellroth bis zum Verschwinden aller Färbung. Ihr Inhalt krystallisirt besonders leicht (Funke, Gray). Das Milzvenenblut ist sehr reich an farblosen Blutkörperchen und Körnchenzellen, namentlich im Verhältnisse zu den rothen Blutkörperchen. Hirt fand im Milzarterienblute auf 1 farbloses 2179 rothe Blutkörperchen, in den Milzvenen aber auf 1 farbloses nur 70 rothe. In dem aus der Milz ausgepressten Blute eines Hingerichteten fand Virchow gar nur 4·9 gefärbte auf 1 farbloses. Die mikroskopische Untersuchung des Milzvenenblutes ergiebt ausserdem dunkelrothe bis schwarz gefärbte Pigmentkörperchen, oft zu Klümpchen aggregirt, oder auch wohl in Zellen eingeschlossen und Faserstoffschollen (Epithelialzellen). Der eingedampfte Serumrückstand des Milzvenenblutes charakterisirt sich durch eine tief rothbraune Färbung (Gray). Nach Malassez u. Picard ist das Milzvenenblut reicher an rothen Blutzellen wie Körperarterienblut.

Nierenvenenblut würde nach verschiedenen Beobachtern keinen Faserstoff liefern, was aber für Hunde und Kaninchen von Fleischhauer nicht bestätigt werden konnte. Cl. Bernard fand es zuckerreicher wie das Blut der Nierenarterie.

Menstrualblut.

Das Menstrualblut soll nach den Angaben mehrerer Beobachter kein Fibrin enthalten, allein dieselben sind durch spätere Beobachtungen von E. H. Weber, Virchow, Whitehead und Scanzoni als vollständig widerlegt zu betrachten. Dass das aus der Scheide ausfliessende Blut häufig kein nachweisbares Fibrin enthält, liegt eben einfach darin, weil die Gerinnung bereits innerhalb des Uterus erfolgen kann. Nach den Beobachtungen von Whitehead, die Scanzoni bestätigt, scheint übri-

gens Vaginalschleim die Gerinnung des Blutes zu hindern. Diese Verhältnisse sind deshalb von praktischer Bedeutung, weil man, auf den älteren Beobachtungen fussend, in Criminalfällen die Erkennung von Menstrual- und von anderem Blute auf die Ab- oder Anwesenheit von Faserstoff in verdächtigen Blutflecken begründen zu können glaubte.

Blut der Placentargefässe.

Das Blut der Placentargefässe enthält, nach Stas, wenig Albumin und Fibrin, aber viel Natronalbuminat (sogenanntes Serumcaseïn). Nach den Untersuchungen von Denis ist es reicher an Blutkörperchen und ärmer an Wasser wie das Venenblut der Armvenen. Poggiale fand das Blut des Placentarantheils der Mutter reicher an festen Stoffen, wie das des Fötus. Endlich soll nach Picard das Placentarblut reicher an Harnstoff sein, wie das Blut der Mutter.

Blut der Capillaren.

Das Blut der Capillaren enthält nach Falk die Fibringeneratoren nicht und erklärt er hieraus sein Flüssigbleiben nach der Entfernung aus der Leiche.

Verschiedenheiten der quantitativen Zusammensetzung des Blutes unter verschiedenen physiologischen Bedingungen.

A. Einfluss des Geschlechts und Alters.

Einfluss des Geschlechts und Alters.

Auch hier wählen wir zur übersichtlichen Darstellung der nachgewiesenen Differenzen die tabellarische Form.

Bestandtheile	Männer	Frauen	Kinder	Greise
Wasser	weniger	mehr	weniger	mehr
Fibrin	—	—	weniger	mehr
Blutkörperchen . . .	mehr	weniger	mehr	weniger
Albumin	weniger	mehr	mehr	weniger
Fette	weniger	mehr	—	—
Extractivstoffe . . .	weniger	mehr	mehr	weniger
Salze	weniger	mehr	weniger	mehr

Im höheren Alter soll der Gehalt des Blutes an Cholesterin vermehrt sein, und ebenso nach Picard an Harnstoff.

Ssubotin und Forster stellten nach Preyer's Methode Hämoglobinbestimmungen des Blutes verschiedener Thiere an, und fanden auch bei diesen den Einfluss des Alters bestätigt. Das Blut ausgewachsener Thiere war reicher an Hämoglobin, wie das junger. Im Ochsenblute wurden 12 und 10 Proc., im Kalbsblute 8·9 Proc. gefunden, beim

erwachsenen Hunde betrug der Hämoglobingehalt 13·8 Proc., beim vierwöchentlichen Thiere nur 3·4 Proc.

Das Blut der Frauen ist lichter gefärbt wie das der Männer, specifisch leichter und entwickelt, mit Schwefelsäure versetzt, einen weniger starken Geruch (Barruel, C. Schmidt). Das Serum des Frauenblutes enthält weniger Salze wie das des Männerblutes, das Gesammtblut der Frauen dagegen mehr Salze wie das der Männer, was für einen höheren Salzgehalt der Blutkörperchen, die im Frauenblute vermindert sind, spricht.

In der Schwangerschaft zeigt das Blut eine dunklere Farbe und ein geringeres specifisches Gewicht. In den letzten Monaten aber nimmt die Dichtigkeit des Blutes wieder zu, und ihr parallel geht eine Vermehrung der Blutkörperchen und eine Verminderung des Wassergehaltes (H. Nasse). Auch sollen sich die farblosen Blutkörperchen in den letzten Monaten vermindern. Der Gehalt an Fibrin steigt bis zur Niederkunft, woraus die Thatsache zu erklären ist, dass zu dieser Periode das Blut meist einen kleinen Blutkuchen mit einer Speckhaut bildet und an Serum stetig abnimmt. Bei Hunden beobachtete H. Nasse: 1) Abnahme des specif. Gewichtes, 2) Zunahme des Wassergehaltes, 3) Zunahme des Fibringehaltes, 4) Vermehrung des Fettes, 5) Abnahme der löslichen Salze, 6) Abnahme des Eisengehaltes, 7) Zunahme des Wassergehaltes. Nach dem Werfen bilden sich alle diese Verhältnisse schnell zurück. Auch das Serumcaseïn (Natronalbuminat) soll im Blute schwangerer Frauen vermehrt sein, der Harnstoff endlich vermindert (Picard).

Bei trächtigen Hündinnen fanden dagegen Spiegelberg und Gscheidlen die Blutmenge grösser, wie bei nichtträchtigen Hündinnen, den Hämoglobingehalt der Ernährung der Thiere entsprechend, und auch den Wassergehalt nicht wesentlich von der Norm abweichend.

Das Blut neugeborener Hunde fand Panum reicher an festen Stoffen wie jenes der Mutter und zwar beruhte dieser Unterschied, wie schon Denis und Poggiale beobachteten, auf einem grossen Reichthum des Blutes der Neugeborenen an Blutkörperchen (vgl. dagegen weiter oben).

B. Einfluss der Verdauung und der Art der Nahrung.

Einfluss der Verdauung und Nahrung.

Dass die Verdauung, die Nahrung und die Art derselben auf die Zusammensetzung des Blutes einen bestimmenden Einfluss ausübt, kann nicht Wunder nehmen, wenn man berücksichtigt, dass das Blut der Haupternährungssaft ist, der die assimilirten Stoffe beständig in sich aufnimmt, um sie wieder an die Gewebe abzugeben.

Die Erfahrungen, welche man über die Art des Einflusses, den die Verdauung, das Hungern und Säfteverluste, Fleischnahrung, vegetabilische Nahrung, Brotnahrung, fett- und salzreiche Nahrung auf die Zusammensetzung des Blutes (meist von Thieren) äussert, gesammelt hat, haben wir übersichtlich in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

Bestandtheile	Während der Verdauung	Längeres Hungern und Säfteverluste	Fleischnahrung	Vegetabilische Nahrung	Fettreiche Nahrung	Brotnahrung	Salzreiche Nahrung
/asser	vermindert	vermehrt	vermindert	vermehrt	—	—	—
ibrin	wenig vermehrt	vermindert	vermehrt	vermindert	—	—	—
lutkörperchen .	vermehrt	vermindert	—	—	—	—	—
ymphkörperchen	vermehrt	vermindert	—	—	—	—	—
lbumin	vermehrt	vermindert	—	vermehrt	—	—	—
xtractivstoffe .	vermehrt	vermindert	vermehrt	vermindert	—	Zucker	—
'ette	vermehrt	vermindert	—	vermehrt	vermehrt	—	—
alze	vermehrt	vermehrt	vermehrt	vermindert	—	—	vermehrt

Hierzu ist noch zu bemerken: Der Serumrückstand nimmt immer einige Zeit nach der Anfüllung des Magens mit Nahrungsstoffen zu. Nach anhaltender vegetabilischer Nahrung und besonders nach Zuckergenuss ist er höher, als nach ausschliesslicher Fleischnahrung. Nach Fleischnahrung enthält das Serum mehr Natronalbuminat wie gewöhnlich. Nach fettreicher Nahrung erscheint das Serum nicht selten milchig getrübt; diese milchige Trübung zeigt sich schon eine halbe Stunde nach der Mahlzeit, nach 12 Stunden aber hat das Serum wieder sein gewöhnliches Ansehen gewonnen. Während der Verdauung sind die farblosen Blutkörperchen in ihrem Verhältnisse zu den rothen vermehrt, während beim Hungern das Umgekehrte stattfindet. Nach Brotgenuss erscheint der Zuckergehalt des Blutes vermehrt. In den ersten Tagen soll Entziehung jeglicher (fester und flüssiger) Nahrung den Wassergehalt des Blutes vermindern. Entziehung fester Nahrung bei Wassergenuss dagegen vermehrt in den ersten Tagen den Wassergehalt, der aber bei dieser Lebensweise sich später ebenfalls vermindert. Vermehrung des Wassergenusses bei gleichbleibender Menge fester Nahrungsstoffe ist ohne Einfluss auf den Wassergehalt des Blutes, Vermehrung der festen Nahrungsstoffe dagegen soll den Wassergehalt des Blutes vermindern.

Bei Inanition, d. h. beim Hungerzustande, fand Panum bei Hunden keine wesentliche Abnahme der Blutmenge, ja bei reichlich gefütterten und fett gewordenen Thieren war die Blutmenge sogar relativ geringer, wie bei kümmerlich ernährten unter sonst gleichen Verhältnissen. Faserstoff und Blutzellen waren im Blute bei Inanition in normalen Mengenverhältnissen vorhanden, nur die Albuminstoffe des Serums erschienen vermindert.

Poggiale und Plouvier fanden nach reichlichem Kochsalzgenuss bei Wiederkäuern und Menschen eine Abnahme des Wassergehaltes des

Blutes, eine Beobachtung, welche H. Nasse bei Hunden nicht bestätigen konnte.

Ueber den Einfluss der Nahrung auf den Hämoglobingehalt des Blutes wurden in Voit's Laboratorium von Ssubotin und Forster Versuche angestellt, wobei die Methode Preyer's zur Anwendung kam. Im Allgemeinen ergiebt sich daraus, dass das Blut der Pflanzenfresser weniger Hämoglobin enthält, wie jenes der Fleischfresser; im Kaninchenblute wurden im Mittel aus sieben Versuchen 8·41 Proc., im Hundeblute 13·8 Proc. Hämoglobin gefunden. Bei mit Fleisch oder eiweissreicher Kost gefütterten Hunden betrug das Hämoglobin im Mittel 13·75 Proc., bei ausschliesslicher Fütterung mit stickstofffreien Substanzen 11·65 und 9·5 Proc.; bei einem mit Brot gefütterten Hunde betrug der Hämoglobingehalt 9·37 Proc., bei einem anderen 10·32 Proc.

Eine Vermehrung des Eisengehaltes des Blutes constatirte H. Nasse bei einem Hunde, welcher zu seinem Futter (Brod und Kartoffeln) einen Zusatz von Ferrolactat erhielt.

Anhaltende Inanition bedingte keine Abnahme des Hämoglobingehaltes beim Hunde; beim Kaninchen sogar Zunahme; bei einem Hunde betrug vor der Inanition das Hämoglobin 13·8 Proc., nach 38tägiger Inanition 13·33 Proc.; bei einem vor der Inanition reichlich mit Pflanzenkost ernährten Kaninchen 8·85 Proc., nach 14tägiger Inanition 9·5 Proc. Mit diesem Resultate stimmen übrigens die früher von C. Voit, H. Nasse und Collard de Martigny erhaltenen überein.

Harnstoffgehalt des Blutes.

Das Blut der nüchternen und der einige Stunden vorher gespeisten Menschen zeigt keine Differenz des Harnstoffgehaltes.

Nach den Versuchen, welche Cl. Bernard über den Zuckergehalt des Blutes unter verschiedenen physiologischen Bedingungen angestellt hat, ist die Art der Nahrung ohne Einfluss auf denselben.

Zusammensetzungsverschiedenheiten des Blutes unter pathologischen Verhältnissen.

Blut in Krankheiten.

Ueber die Zusammensetzung des Blutes in verschiedenen Krankheiten sind sehr zahlreiche Beobachtungen angestellt. Eine nähere Erörterung dieses Gegenstandes gehört nicht in das Gebiet der physiologischen Chemie und der Physiologie, sondern in jenes der pathologischen Chemie und der Pathologie. Wir geben daher hier nur einen kurzen Ueberblick über die Resultate dieser Beobachtungen und behalten uns vor, nur da etwas ausführlicher zu werden, wo aus ihnen physiologische Schlüsse gezogen werden können.

Zur übersichtlichen Darstellung derjenigen Verhältnisse, welche keiner weiteren Erläuterung bedürfen, wählen wir auch hier wieder die Tabellenform.

Krankheiten	Blutbestandtheile									
	Abnorme Bestandtheile	Wasser	Fibrin	Blutzellen	Albumin	Extractivstoffe	Harnstoff	Zucker	Fette	Salze
Entzündungen . .	—	—	vermehrt	vermind.	vermind.	—	vermehrt?	—	vermehrt	—
Acute Exantheme .	—	—	—	vermind.	—	—	—	—	—	vermehrt
Intermittens . . .	—	—	—	—	vermehrt	—	—	—	—	vermehrt
Malaria	Gallenfarbstoff	—	vermind.	vermehrt	vermind.	—	—	—	vermind.	—
Morbus Brighti . .	—	—	vermehrt	vermind.	vermind.	—	vermehrt	—	vermehrt	vermehrt
Plethora	—	—	—	vermehrt	vermehrt	—	—	—	—	—
Chlorose	—	vermehrt	vermehrt	vermind.	—	—	—	—	—	—
Hydrämie	—	vermehrt	vermind.	vermind.	vermind.	—	—	—	—	—
Puerperalfieber . .	Gallenpigment freie Milchsäure	—	vermehrt	vermind.	vermind.	vermehrt	—	—	—	—
Pyämie	—	—	vermind.	farblose vermehrt	—	—	—	—	—	—
Leukämie	Pseudoglutin, Ameisensäure, Essigsäure, Milchsäure, Harnsäure, Hypoxanthin, Leucin	—	—	farblose ausserordentlich vermehrt	—	—	—	—	—	—
Cholera	Kohlensaures Ammonium	vermind.	—	vermehrt	vermehrt	—	vermehrt	—	vermehrt	vermind.
Dysenterie	—	—	vermehrt	vermind.	vermind.	—	—	—	—	vermehrt
Leberkrankheiten .	Tyrosin u. Leucin	—	—	—	—	—	—	—	vermehrt	—
Arthritis	Harnsäure	—	—	—	—	—	vermehrt	—	—	—
Icterus u. gestörte Gallensecretion .	Gallenpigment Gallensäuren	—	—	—	—	—	—	—	vermehrt	—
Krebsdyscrasie . .	—	—	vermehrt	—	—	—	—	—	—	—
Diabetes	—	vermehrt	—	—	—	—	—	vermehrt	—	—
Typhus:										
a. Anfangsstadium	—	vermind.	vermehrt	vermehrt	vermehrt	—	—	—	—	—
b. Späteres Stadium	—	vermehrt	—	vermind.	vermind.	vermehrt	—	—	—	vermehrt
Cretinismus . . .	—	vermehrt	vermind.	vermind.	vermind.	—	—	—	—	—
Urämie	Kohlensaures Ammonium ?	—	—	—	—	—	vermehrt	—	—	—
Gelbes Fieber . . .	—	—	—	—	—	—	vermehrt	—	—	—
Scorbut	—	vermehrt	vermehrt	vermind.	—	—	—	—	—	vermind.
Chylurie	—	—	—	—	—	—	—	—	vermehrt	—

Zur weiteren Erläuterung der Zusammensetzungsverhältnisse des Blutes in Krankheiten dienen folgende Bemerkungen:

Wassergehalt.

Eine Vermehrung des Wassergehaltes des Blutes beobachtet man in den meisten Krankheiten. Im Beginne acuter Entzündungskrankheiten findet man den Wassergehalt des Gesammtblutes vermehrt, das Serum aber für sich betrachtet normal zusammengesetzt. Bald darauf wird aber auch das Serum wässeriger. Eine Ausnahme von dieser Regel scheinen Gelenkrheumatismus, Erysipelas und Puerperalfieber zu machen; es findet hier nämlich eine Abnahme der Blutkörperchen statt, während gleichzeitig die Dichtigkeit des Serums zunimmt. Auch die Anämie, besser Hydrämie, ist vorzugsweise durch eine Vermehrung des Wassergehaltes des Blutes ausgezeichnet. Der Ausdruck Anämie ist insoferne ganz unberechtigt, weil eine wahrhafte Verminderung der gesammten Blutmasse wissenschaftlich gar nicht bewiesen ist. Die Hydrämie ist stets bedingt durch leichtere Transsudation gewisser Blutbestandtheile. Eine constante Verminderung des Wassergehaltes des Blutes ist mit Sicherheit nur constatirt in der Cholera und bei chronischen Herzleiden, wenn noch nicht Hydrops eingetreten ist.

Faserstoff.

Vermehrung des Faserstoffs findet sich constant bei Entzündungskrankheiten und zwar oft sehr bedeutend bis zu 10·1 bis 11·8 pr. M. (Gelenkrheumatismus, Pneumonie). Vermehrt fand ihn Leven und Chalvet in sehr auffallender Weise auch beim Scorbut. Eine constante Verminderung des Fibrins ist bis nun in keiner Krankheit mit Sicherheit constatirt.

Rothe Blutzellen.

Eine constante Vermehrung der rothen Blutzellen wurde beobachtet bei Plethora, in organischen Herzkrankheiten, in den ersten Stadien der Cholera; eine Verminderung derselben aber bei Hydrämie, Chlorose, profusen Diarrhöen, perniciösen Wechselfiebern, in den späteren Stadien des Typhus, nach massigen Exsudaten und Pseudoplasmen, bei chronischen Metallvergiftungen, Entzündungen, Scorbut, Leukämie u. a. m.

Veränderungen in der Zusammensetzung der Blutkörperchen bei Krankheiten.

C. Schmidt hat zuerst hervorgehoben, dass auch die Blutkörperchen selbst bei gewissen Krankheiten in dem Gewichtsverhältnisse ihrer Bestandtheile gewissen Schwankungen unterworfen sein mögen. Für diese Voraussetzung hat er sehr wichtige experimentelle Beweise beigebracht, die über die Diffusionsvorgänge im Blute Licht verbreiten und daher von physiologischem Interesse sind. Wir geben daher eine wenngleich kurze Darstellung der von diesem exacten Beobachter ermittelten Thatsachen.

C. Schmidt hat gefunden, dass in der Cholera, wo bekanntlich sehr heftige Transsudationen aus den Darmkapillaren stattfinden, die Kaliumsalze und die Phosphate der Blutkörperchen zum Theil in das Serum übergehen, von wo aus sie in die Choleratranssudate gelangen, die überwiegend reich an Wasser und Salzen sind. Die Blutkörperchen

werden in Folge dessen reicher an organischen Bestandtheilen. Aehnliche Verhältnisse beobachtet man nach Schmidt nach der Anwendung drastischer Laxanzen. Bei anderen Transsudationsprocessen, wie bei der Dysenterie, Bright'schem Hydrops u. a. m., findet man die Transsudate sehr reich an Albuminstoffen, und die Blutkörperchen ärmer an Hämoglobin und reicher an Salzen. Indem C. Schmidt nach seinen Untersuchungen über das Verhältniss des Eisens im Blute zu den Blutkörperchen annimmt, dass im normalen Menschenblute beim Manne auf 1 Thl. Eisen 230 Thle. Blutkörperchen und beim Weibe 229 kommen, gelangt er zu dem Resultate, dass in den ersten Stadien des Typhus, wo die Blutkörperchen gewöhnlich eine geringe Vermehrung zeigen, das Eisen und demnach das Hämatin unter obiges Verhältniss herabsinkt, sonach hier die Blutkörperchen ärmer an Hämatin erscheinen. Von der gleichen Berechnung ausgehend, will C. Schmidt in anderen Fällen eine Vermehrung des Hämatins der Blutkörperchen finden; so sollen sie namentlich nach wiederholten Aderlässen ärmer an Globulin und reicher an Hämatin sein. Es sind jedoch diese letzterwähnten Angaben, weil auf einer nicht genügend erhärteten Voraussetzung beruhend, mit Vorsicht aufzunehmen.

Eine ausserordentliche Verminderung des Hämoglobins mit entsprechender Vermehrung des Wassergehaltes constatirte Strümpell in einem hochgradigen Falle von *Annämia splenica.* Spectralanalytisch bestimmt, betrug der Gehalt an Hämoglobin nur 2·46 Proc., also etwa $^1/_6$ des normalen Gehaltes (angenommen zu 14 Proc.)! Diese Verminderung des Hämoglobins kann nur von einer ganz excessiven Verminderung der Zahl der rothen Blutzellen herrühren.

Farblose Blutzellen.

Eine ausserordentliche Vermehrung der farblosen Blutzellen findet bei Leukämie statt; hier machen sie oft den vierten Theil der gesammten Zellen des Blutes aus und es ist die Farbe leukämischen Blutes aus diesem Grunde meist weisslich roth und der Blutkuchen auch wohl von marmorirtem Aussehen. Auch bei Puerperalfieber sollen nach Donders die farblosen Blutzellen im Verhältniss zu den rothen bedeutend vermehrt sein. Bei Pneumonie und Tuberculose hat man ebenfalls bedeutende Vermehrung derselben beobachtet, aber nicht constant, wohl aber scheint sie bei Pyämie constant zu sein. Ueber Verminderung der farblosen Blutzellen in Krankheiten liegen keine genaueren Beobachtungen vor.

Albumin.

Eine constante Vermehrung des Albumins des Serums ist zunächst bei der Cholera, nach dem Gebrauche von drastischen Laxanzen und bei Intermittens beobachtet; eine Verminderung des Albumins dagegen bei Entzündungskrankheiten, in den späteren Stadien des Typhus, bei Scorbut, Sumpffiebern, Puerperalfiebern, Dysenterie, Morbus Brighti und Hydrops aus verschiedenen organischen Ursachen, zunächst also nach albuminreichen Transsudationen, Exsudaten u. s. f.

Fett.

Eine Vermehrung des Fettgehaltes des Serums ist in den ersten Stadien acuter Krankheiten sehr häufig, und auch das Cholesterin erscheint häufig vermehrt. In chronischen Krankheiten wurde eine Vermehrung des Fettes und des Cholesterins beobachtet bei Leberkrankheiten, Morbus Brighti, Tuberculose, Malaria und Cholera. In dem durch Schröpfen gewonnenen Blute eines zur Corpulenz neigenden Mannes fand Speck den Fettgehalt des Blutes, besonders des Serums, ausserordentlich vermehrt. Das Blut war mehr gelb als roth, trennte sich sofort in zwei Schichten, von denen die obere weiss und rahmartig war. Aether extrahirte aus dem getrockneten Blute 7·3 Proc. Fett. Das Cholesterin schien nicht vermehrt. Diese Beschaffenheit des Blutes hielt allmählich abnehmend, mehrere Wochen an. In einem Falle von Peritonitis will Heller im Serum 50·5 Proc. Fett gefunden haben. Ueber Verminderung des Fettes in Krankheiten sind keine genauen Beobachtungen angestellt.

Extractivstoffe.

Eine Vermehrung der Extractivstoffe hat man bei Puerperalfieber und bei Scorbut beobachtet.

Harnstoff und Zucker.

Eine Vermehrung des Harnstoffs beobachtet man bei Morbus Brighti, Cholera, gelbem Fieber, bei Diabetes und in fieberhaften Krankheiten (Picard).

Eine Vermehrung des Zuckers ist nur bei Diabetes constatirt; auch hier aber ist sie nie sehr bedeutend.

Salze.

Eine Vermehrung des Salzgehaltes des Blutes, namentlich der Alkalisalze, tritt ein bei acuten Exanthemen, beim Typhus, bei Dysenterie, Morbus Brighti, allen Arten von Hydrops, Malaria, perniciösen Wechselfiebern, Scorbut.

Vermindert sind die Salze bei heftigen Entzündungen, bei Scorbut und in der Cholera.

In dem Blute von Kaninchen, welchen die Milz exstirpirt war, fand Maggiorani eine Abnahme des Faserstoffs, des Albumins und der rothen Blutzellen, gegenüber dem Gehalte des Blutes gesunder Kaninchen desselben Wurfes an diesen Bestandtheilen.

Nach Chloralvergiftung und bei künstlicher Septhaemie findet Auflösung der rothen Blutzellen statt und treten tetraëdrische Hämoglobinkrystalle im Blute und Plasma auf (Hiller, Wolff, Rawitsch, Feltz u. Ritter).

Bei chronischer Bleivergiftung sollen die rothen Blutzellen vermindert sein (Mallassez).

Zur vergleichenden Chemie des Blutes.

Zur vergleichenden Chemie des Blutes.

Was wir bisher von den chemischen Verhältnissen des Blutes mittheilten, bezog sich allerdings zunächst auf das Blut des Menschen, aber vielfach auch auf das Blut anderer Säugethiere. So wie die Physiologie

des Menschen der Natur der Sache nach sich auf vergleichend-physiologische Untersuchungen an Thieren grossentheils stützen muss, so auch die physiologische Chemie. Es leuchtet ein, dass an Thieren gewonnene Resultate unmittelbar auf den menschlichen Organismus zu übertragen, sein Bedenkliches hat, und es bedarf jedenfalls aller Vorsicht und der ernstesten Kritik, um sich dabei vor groben Täuschungen zu bewahren. Gerade deshalb muss man sich bei der Einprägung der Grundzüge der Physiologie und physiologischen Chemie immerdar bewusst bleiben, dass hier am Menschen und an Thieren gewonnene Resultate vielfach durch einander laufen und selten scharf geschieden sind. Dies alles gilt nun auch von der Chemie des Blutes. Es fiel strenge genommen grösstentheils in das Gebiet der vergleichenden Thierchemie, was wir von der Zusammensetzung des Blutes verschiedener Gefässbezirke, von den Blutgasen, von der Blutasche u. s. w. angaben. Diese Angaben suchten wir aber, wo es anging, für die physiologischen Verhältnisse des menschlichen Organismus zu verwerthen.

In Nachstehendem theilen wir die wichtigeren Ergebnisse der chemischen Untersuchung des Blutes namentlich niederer Thierclassen mit, welches seinem ganzen Charakter nach meist sehr wesentlich von dem des Menschen und der höheren Säugethiere abweicht; ferner die wichtigeren Abweichungen in der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung des Blutes auch der höheren Thiere, insoferne dieselben von vergleichend-physiologischem Interesse sind.

Die Bestandtheile des Blutes der höheren Säugethiere stimmen mit jenen des menschlichen Blutes im Allgemeinen überein; die Differenzen zwischen dem Blute der höheren Säugethiere unter sich und jenem des Menschen beschränken sich zunächst auf die Gestalt und Grösse der Blutkörperchen und auf die Verhältnisse gewisser anorganischer Blutbestandtheile, namentlich der kohlensauren und phosphorsauren Alkalien.

Was die Gestalt der Blutkörperchen anbelangt, so ist dieselbe eine runde biconcave bei den meisten Säugethieren, eine Ausnahme davon machen die Blutkörperchen einiger Wiederkäuer, der Kameele, Lama's und Alpaka's, welche ovale Scheiben darstellen. Kerne werden bei reifen Säugethieren nicht beobachtet.

Die Blutkörperchen der übrigen Wirbelthierclassen aber sind durchschnittlich elliptisch und zugleich grösser wie jene der Säugethiere. Die grössten Blutkörperchen haben die Reptilien und unter diesen ist es wieder Proteus anguineus, dessen Blutkörperchen an Grösse die aller anderen Thiere übertreffen und schon dem freien Auge sichtbar sind. Bei den elliptischen Blutkörperchen findet sich ausserdem ein Zellenkern als constante Bildung. Bei den Cyclostomen treten wieder runde Blutkörperchen auf, ebenso bei dem auf der niedrigsten Stufe stehenden Wirbelthiere: dem Amphioxus lanceolatus.

Die Blutkörperchen der Wirbellosen sind gleichfalls rund, meist farblos, von sehr verschiedener Grösse und sehr wenig zahlreich.

Grössenverhältnisse derselben.

Bezüglich der Grössenverhältnisse der Blutkörperchen, die für die gerichtliche Medicin unter Umständen sehr wichtig werden können, verweisen wir auf die Lehr- und Handbücher der Histiologie und vergleichenden Anatomie, da sich diese Verhältnisse einer chemischen Betrachtung völlig entziehen und daher hier keine Stelle finden.

Was die Verschiedenheit der Vertheilung der anorganischen Stoffe und namentlich der Carbonate und Phosphate der Alkalien im Blute grasfressender und fleischfressender Thiere betrifft, so haben wir bereits an verschiedenen Stellen dieses Werkes darauf hingewiesen.

Eigenthümlicher Geruch des Blutes verschiedener Thiere.

Dem Blute kommt ein ihm eigenthümlicher Geruch zu, der besonders bei Behandlung mit Schwefelsäure ($1^1/_2$ Volumen) deutlicher wird. Barruel hat zu finden geglaubt, dass das Blut jeder Thierspecies einen anderen charakteristischen Geruch bei dieser Behandlung entwickele, den man dazu benutzen könne, um Menschen- von Thierblut und letzteres unter sich wieder zu unterscheiden. Nach Barruel wäre dieser Geruch dem der Haut- und Lungenausdünstung derselben Thiere entsprechend. C. Schmidt, der diese Angaben zunächst näher prüfte, behauptet, dass man auf diese Weise nur Katzen- und Ziegenblut mit Sicherheit, und Hammelblut sowie endlich Hundeblut mit einiger Wahrscheinlichkeit von den übrigen Blutarten unterscheiden könne. Wahrscheinlich rührt der Geruch von Fettsäuren her; wie Matteuci gefunden haben will, entwickelt namentlich Ziegenblut mit Schwefelsäure Capronsäure.

Der Geruch ist eine subjective Wahrnehmung und darauf sich stützende Schlüsse sind groben Täuschungen Raum gebend. Wenn wir auch zugeben wollen, dass die geübte Nase eines Chemikers am frischen Blute der obigen Thierspecies den charakteristischen Geruch zu unterscheiden lernen kann, so ist vor der Anwendung dieser Methode in der gerichtlichen Chemie, wo es sich um die Unterscheidung von Menschen- und Thierblut an oft unbedeutenden eingetrockneten Flecken handelt, doch auf das Ernstlichste zu warnen, da hier, ganz abgesehen von der Verschiedenheit der Geruchsschärfe, schon die Natur der Untersuchungsobjecte: schmutzige, verschwitzte Wäsche und dergleichen, die gröbsten Täuschungen herbeiführen kann.

Was die Unterschiede in der quantitativen Zusammensetzung des Blutes der Wirbel- und namentlich der Säugethiere betrifft, so liegen darüber zahlreiche Beobachtungen vor (Prévost u. Dumas, Denis, H. Nasse u. A.); ihre Resultate sind jedoch zum Theil wegen der Mangelhaftigkeit der Methoden von zweifelhaftem Werthe, zum Theil auch in dem Vorstehenden bereits berücksichtigt. Von besonderem Interesse ist die von Hoppe-Seyler und Jüdell ermittelte Thatsache, dass, während in den Blutkörperchen des Menschen und der Säugethiere das Hämoglobin fast ausschliesslicher Bestandtheil ist, in den Blutkörperchen der Vögel und Schlangen die Eiweisskörper vorherrschen. Dies ergiebt sich klar aus nachstehender Tabelle:

Blutzellen	v. Mensch.	v. Hunde.	v. Igel.	v. d. Gans	v. d. Ringelnatter.
Hämoglobin	94·30	86·50	92·25	62·65	46·70
Eiweisskörper u. and. org. Stoffe	5·10	12·55	7·01	36·41	52·45

Das Blut der Vögel enthält nach den Bestimmungen von Jolyet weniger Sauerstoff, wie jenes der Säugethiere, doch sind die Blutzellen damit gesättigt. Kohlensäure hält es reichlich absorbirt.

Im Blute des Dintenfisches, des Haies und des Rochens fanden Rabuteau und Papillon sehr viel Harnstoff.

Ueber das Blut der wirbellosen Thiere liegen mehrfache zum Theil sehr interessante Beobachtungen vor, obgleich es hier nicht immer leicht ist zu entscheiden, ob man es bei den betreffenden Untersuchungen mit reinen Untersuchungsobjecten zu thun hatte.

Im Allgemeinen ist das Blut der Avertebraten farblos, oder von gelblich-weisser auch wohl bläulicher Farbe, und enthält auch farblose Zellen.

Das Blut von *Helix pomatia* wird beim Stehen an der Luft himmelblau, Alkohol giebt ein farbloses Coagulum, Ammoniak hebt die blaue Farbe auf, Salpetersäure soll sie wieder hervorbringen. Es gab bei der quantitativen Analyse 8·393 Proc. organische und 6·12 Proc. anorganische Bestandtheile, unter letzteren 0·033 Kupferoxyd, aber kein Eisen (v. Bibra und Harless). Bei wiederholten, unter meiner Leitung angestellten Untersuchungen, wurde die Gegenwart des Kupfers in der Asche des Blutes von Helix pomatia constatirt, aber stets auch Eisen gefunden.

Das Blut der Krabben bläut sich ebenfalls an der Luft, wird aber wieder farblos, wenn man Kohlensäure durchleitet. So entfärbt, wird es aber beim Schütteln mit Luft wieder blau (Rabuteau u. Papillon).

Wirbellose Thiere.

Auch im Blute von *Cephalopoden* fanden v. Bibra und Harless Kupfer, ebenso A. Genth im Blute von *Limulus Cyclops*. Die Asche des weisslich-blauen Blutes eines männlichen Individuums hatte die unter A, die des himmelblauen Blutes eines Weibchens die unter B angegebene Zusammensetzung.

Blutasche von Limulus Cyclops.

In 100 Theilen Asche:	A	B
Chlornatrium	83·507	79·207
Chlorkalium	2·395	4·607
Chlormagnesium	1·840	3·848
Schwefelsaures Kalium	1·686	3·264
Schwefelsaures Calcium	3·470	2·159
Kohlensaures Calcium	1·448	2·950
Pyrophosphorsaures Magnesium	0·444	1·709
Magnesium	5·128	1·959
Eisenoxyd	0·081	Spur
Kupferoxyd	0·085	0·297

Wenige Secunden nach der Entleerung bildete dieses Blut ein gelblich-weisses Coagulum, die blaue Farbe verschwand erst mit der Zersetzung des Blutes. Beim Kochen der blauen Flüssigkeit schied sich Albumin aus und verschwand die blaue Färbung.

Das Blut von *Sepien* und *Octopus* ist nach H. Müller und Schlossberger grünlich-blau, das von *Unio pictorum* bläulich; die Angabe, dass das Blut von Helix pomatia durch Zuleiten von Sauerstoff sofort blau, durch Kohlensäure dagegen wieder farblos werde, während das Blut einiger Cephalopoden (*Loligo* und *Eledone*) durch Sauerstoff nicht gefärbt, durch Kohlensäure aber intensiv blau werde, wäre weiterer Prüfung zu unterziehen. Auch im Blute von Sepien und Octopus fanden H. Müller und Schlossberger Kupfer, was für eine allgemeine Verbreitung dieses Metalls bei niederen Thieren zu sprechen scheint.

Das Blut der Teichmuschel (*Anodonta cygnea*) fand C. Schmidt farblos und schwach alkalisch; es schied ein blasses Faserstoffgerinnsel ab, sowie beim Verdunsten Krystalle von kohlensaurem Natrium und kohlensaurem Calcium.

Zur gerichtlichen Chemie des Blutes.

Allgemeine Bemerkungen.

Die Entscheidung der Frage, ob gewisse Flecken auf Kleidungsstücken, Wäsche, auf Holz, Metall u. s. w. von Blut herrühren, ist für die Feststellung des Thatbestandes bei Criminaluntersuchungen nicht selten von grosser Wichtigkeit. Wir geben daher, im Interesse unserer ärztlichen Leser, eine Uebersicht derjenigen Methoden, die man behufs der Lösung dieser Aufgabe einschlagen muss.

Die von Seite des Gerichtes gestellte Frage beschränkt sich häufig nicht darauf, ob die fraglichen Flecken von Blut herrühren, sondern es wird oft auch zu wissen verlangt, ob das Blut Aderblut oder Menstrualblut, ob es faserstoffhaltig sei, oder ob es endlich von Menschen oder Thieren herrühre.

Zur Entscheidung der ersten und meist wichtigsten Frage stehen uns zahl-

reiche Mittel zu Gebote; doch giebt es trotzdem Fälle, wo die definitive Erledigung der Frage auf eigenthümliche nicht vollständig zu beseitigende Schwierigkeiten stösst. Dies ist z. B. der Fall, wenn die Flecken nur spurenweise vorkommen und schon sehr alt sind, wenn sie ausgewaschen, wenn sie mit etwas überschmiert wurden, wenn sie sich auf Metallflächen befinden, die mit Rost bedeckt sind, u. s. w.

Erkennung der Blutkörperchen.

Die Constatirung eines Faserstoffgehaltes des Blutes bietet unter Umständen auch keine besondere Schwierigkeit dar, unter gewissen Verhältnissen aber kann dieselbe misslingen; die Unterscheidung endlich von Menschen- und Thierblut ist in der Regel nicht, und überhaupt nur unter besonderen günstigen Voraussetzungen möglich. Das von Barruel vorgeschlagene Verfahren, aus dem sich bei der Behandlung des Blutes mit Schwefelsäure entwickelnden Geruche die Blutart zu erkennen, ist ganz unzuverlässig. Die Unterscheidung der Blutkörperchen und ihrer Grössenverhältnisse aber setzt voraus, einerseits, dass dieselben überhaupt noch zu erkennen oder wieder sichtbar zu machen sind, was bei alten spärlichen eingetrockneten Flecken selten mehr zu erreichen ist und anderseits, dass die Grössen- und Gestaltverhältnisse sehr abweichende sind. Es wird aus diesem Grunde in bestimmten Fällen und unter bestimmten Verhältnissen allerdings möglich sein, Säugethierblut von Vögel- oder Fischblut an eingetrockneten Flecken zu unterscheiden, nicht aber z. B. Ochsen- oder Schweineblut von Menschenblut, denn in diesem Falle bietet die Gestalt der Blutkörperchen für die Unterscheidung keine Anhaltspunkte dar und auch die Grössenverhältnisse sind so wenig von einander abweichend, dass sie zur Unterscheidung schon einmal eingetrockneter und dann wieder aufgeweichter Blutkörperchen nicht mit Sicherheit zu verwerthen sind. C. Schmidt fand im Mittel von 40 Messungen den Durchmesser eingetrockneter Blutkörperchen des Menschen zu 0·004 Millimeter und findet die Abweichung von dem Durchmesser ungetrockneter Blutkörperchen gross genug, um darauf eine Diagnose zu begründen. Wir müssen demungeachtet aber in allen solchen Fällen, wo es sich um Schuld oder Unschuld eines Angeklagten handelt, zur äussersten Vorsicht mahnen. In einer anscheinend stark mit Blut getränkten Erde, die die Farbe des geronnenen Blutes zeigte, fand Erdmann bei der mikroskopischen Untersuchung Körperchen, die auf den ersten Anblick leicht mit Blutzellen verwechselt werden konnten, aber von einer Alge: Porphyridium cruentum Nägeli herrührten.

Erkennung der Blutflecken auf chemischem Wege.

Was die Erkennung der Blutflecken auf chemischem Wege anbelangt, so lassen sich die vorgeschlagenen Methoden in folgender Weise gruppiren:

1. Methoden, die auf dem Nachweise löslicher Albuminstoffe beruhen.
2. Methoden, welche sich auf den Nachweis vorhandener Eiweisskörper überhaupt und des Stickstoffs beschränken.
3. Methoden, welche den Nachweis des Hämoglobins und Eisens bezwecken.
4. Methoden endlich, welche die Darstellung der Häminkrystalle zur Diagnose der fraglichen Flecken benutzen.

Von allen diesen Methoden sind die unter 3. und 4. aufgeführten die beweisendsten, während die unter 1. und 2. aufgezählten eine volle Beweiskraft erst dann beanspruchen können, wenn es ausserdem gelungen ist, die Blutkörperchen als solche durch die mikroskopische Untersuchung zu constatiren, oder doch wenigstens das Hämoglobin mit Sicherheit zu erkennen.

Die unter 2. aufgeführten Methoden sind natürlich vollkommen werthlos,

wenn sich die fraglichen Flecken auf thierischen Geweben: auf thierischer Wolle, auf Leder, auf Filz u. dergl., befinden, oder wenn die Verwendung des fraglichen Untersuchungsobjectes eine Verunreinigung durch Eiweisskörper anderer Art möglich oder wahrscheinlich erscheinen lässt.

Nachweis löslicher Albuminate.

Den Nachweis löslicher Albuminstoffe in den verdächtigen Flecken bewerkstelligt man dadurch, dass man die auf Zeugen befindlichen herausgeschnittenen Flecken in kaltes destillirtes Wasser bringt, wobei sie, wenn sie von Blut herrühren, sich auflösen und das Wasser roth bis röthlich färben, während die befleckten Stellen selbst blasser werden. Unter dem Mikroskope oder unter der Loupe kann zuweilen auf dem Zeuge das ungelöst gebliebene Fibrin erkannt werden.

Die wässerige Lösung zum Kochen erhitzt, wird opalisirend und scheidet auch wohl grauweisse Flocken geronnenen Albumins aus; Salpetersäure erzeugt darin Trübung oder Niederschlag, Chlorwasser färbt sie anfangs grünlich, entfärbt sie aber später vollkommen und es scheiden sich weissliche Flocken ab. Das Filtrat von diesen Flocken giebt concentrirt, mit Rhodankalium mehr oder weniger deutliche Eisenreaction. — Säuert man die wässerige Lösung mit Essigsäure an und fügt Ferrocyankalium zu, so entsteht eine weisse Trübung; Gallustinctur endlich erzeugt ebenfalls Trübung oder Niederschlag.

Löst man, falls ihre Menge es zulässt, die durch Erhitzen der wässerigen Lösung erhaltenen Flocken in heisser Kalilauge auf, so erscheint bei nicht zu grosser Verdünnung die Lösung bei durchfallendem Lichte grün, bei auffallendem aber roth, sie zeigt sonach den charakteristischen Dichroismus alkalischer Hämatinlösungen. Behandelt man die durch Kochen ausgeschiedenen Flocken aber mit dem Millon'schen Reagens, so nehmen sie eine ziegel- oder braunrothe Färbung an. Auch die ursprüngliche Lösung, mit dem Millon'schen Reagens erwärmt, scheidet rothe Flocken ab.

Auf ihr optisches Verhalten mit dem Spectroskope geprüft, giebt die Lösung die für Blut charakteristischen Spectralbänder (vergl. S. 321 und die Tafel S. 162, Fig. 1 und 2).

Nachweis geronnener Albuminate.

War versucht, die Flecken mit kochendem Wasser auszuwaschen, so geben sie natürlich an Wasser nichts mehr oder nur Spuren ab, weil sie geronnene Eiweisskörper enthalten. In einem solchen Falle behandelt man sie dann mit Wasser, dem etwas Kalilauge zugesetzt ist. Die erhaltene Lösung giebt dann mit Salpetersäure und Chlorwasser Trübungen oder Niederschläge. Durch die Behandlung mit alkalischem Wasser verlieren die Flecken ihre Farbe nicht. Lässt man auf dieselben Salzsäure einwirken, so nimmt diese die färbende Substanz auf. Wird die salzsaure Lösung verdunstet, so bleibt ein Rückstand, der Eisenreaction giebt.

Hämatinproben.

Die Proben, welche sich auf den Nachweis des Hämatins und zwar einerseits des Dichroismus seiner alkalischen Lösungen, und andererseits seines Eisengehaltes gründen, sind nachstehende:

Werden die verdächtigen Flecken mit schwach alkalischem Wasser ausgezogen und die erhaltenen Lösungen in Glasröhren concentrirt, so erscheint die Auflösung bei einem gewissen Concentrationsgrade im reflectirten Lichte roth, im durchfallenden grünlich.

Behandelt man die Flecken in der Wärme mit Weingeist, dem ein Tropfen Schwefelsäure zugesetzt ist, so verschwinden sie, wenn sie von Blut herrührten. Wird die rothe Lösung verdampft, verkohlt und eingeäschert, so bleibt eine rothe eisenhaltige Asche zurück, die alle Eisenreactionen giebt.

Stickstoffprobe.

Die auf den Nachweis des Stickstoffs in den Flecken sich stützenden Proben sind im Allgemeinen wenig beweisend, wenn nicht andere Proben sie ergänzen, und keine controlirende Gegenversuche mit nicht befleckten Stellen der Untersuchungsobjecte angestellt worden sind. Ihre Ausführung besteht darin, die Flecken selbst, oder ihre wässerigen oder alkalischen Lösungen mit Kaliumcarbonat (chemisch reinem) vermischt, zu verdunsten und den getrockneten Rückstand in einer Glasröhre zu schmelzen; bei dieser Behandlung bildet sich, wenn die Flecken von Blut oder von thierischen stickstoffhaltigen Stoffen herrührten, Cyankalium. Schneidet man nach dem Erkalten die Glasröhre über der Schmelze ab, und giebt letztere in Wasser, in welchem sich etwas Eisenfeile befindet, so bildet sich beim Erwärmen Ferrocyankalium und die filtrirte Lösung mit Salzsäure schwach angesäuert, giebt mit Eisenchlorid allmählich einen Niederschlag von Berlinerblau.

Bei Anstellung dieser und ähnlicher Proben hat man sich immer daran zu erinnern, dass sie nichts weiter beweisen, wie dass stickstoffhaltige organische Körper vorhanden waren, und dass sie daher bei Flecken auf thierischen Geweben keine Anwendung finden können. Bei diesen und bei der Eisenprobe ist es übrigens unerlässlich, Gegenversuche mit nicht befleckten Stellen des Zeuges anzustellen. Es dürften diese Proben aber überhaupt meist zu umgehen sein, und erwähnen wir sie nur der Vollständigkeit halber.

Spectralanalytische Probe.

Der directeste Nachweis ebensowohl des Hämoglobins, wie des Hämatins, geschieht auf spectralanalytischem Wege. Man verfährt dabei wie folgt:

Man digerirt die (möglichst starken) Flecken, oder die durch Abschaben aus Holz, Metall oder Stein erhaltenen trockenen Massen mit Wasser, dem man einige Tropfen Ammoniakliquor hinzugefügt hat, so lange noch etwas gelöst wird, bringt die erhaltene Lösung (nöthigenfalls filtrirt) in ein Hämatinometer, und prüft nun spectroskopisch auf die beiden das Oxyhämoglobin charakterisirenden Absorptionsstreifen. Zeigen sich dieselben, so ist die Frage, ob Blut vorhanden, entschieden. Lassen sich dieselben aber nicht wahrnehmen, so nimmt man dieselbe Prüfung in noch dickerer Schicht der Lösung vor, indem man solche in eine weite Proberöhre und vor den Spalt des Spectralapparates bringt. Statt einer Proberöhre kann man sich bei diesem Versuche auch eines Flacons bedienen, wie solche (mit planparallelen Wänden) für Parfüms nicht selten benutzt werden. Lassen sich auch nun die Absorptionsstreifen des Oxyhämoglobins nicht wahrnehmen, so versucht man den Nachweis des Hämatins.

Zu dem Zwecke versetzt man die ammoniakalische Lösung mit Eisessig (bis zur sauren Reaction), bringt sie in einen Stöpselcylinder, fügt mindestens das gleiche Volumen Aether hinzu und schüttelt wiederholt tüchtig durch. Sollte sich der Aether nicht gut abscheiden, so setzt man tropfenweise Eisessig hinzu, bis der etwa entstandene Niederschlag sich zu setzen beginnt, oder aber sich auflöst. Der Aether scheidet sich dann ganz charakteristisch bräunlichroth gefärbt ab. Bringt man hierauf die ätherische Lösung in ein Hämatinometer, oder in ein sonst passendes Glasgefäss mit nicht zu weit abstehenden planparallelen Wänden, oder endlich auch wohl in eine weitere Proberöhre und dann vor den Spalt des Spectralapparates, so sieht man, wenn die Lösung nicht allzu verdünnt ist, die für Hämatin in saurer Lösung charakteristischen Absorptionsstreifen, namentlich einen sehr scharfen, wohlbegrenzten im Roth; einen schwächeren vor *E* im Grünen sieht man weniger deutlich, mehr diffus, bei verdünnten Lösungen wohl auch gar nicht.

Ueber eine andere von Cazeneuve jüngst vorgeschlagene Methode des

Nachweises des Hämatins hat die Erfahrung erst noch zu entscheiden. Sie besteht darin, die Blutflecken mit ammoniakalischem Wasser auszuziehen und die Einwirkung des hydromonothionigsauren Natriums auf die Lösung spectroskopisch zu beobachten. Es treten dann zwei neue Absorptionsstreifen auf: der stärkere liegt zwischen 108 bis 115, der schwächere 121 bis 128, während jener des Hämatins vor 90 bis 100 liegt, und bei der Einwirkung des hydromonothionigsauren Natriums verschwindet.

So interessant diese Methoden, Blut zu erkennen, an und für sich sind, so ist doch ihre praktische Verwerthbarkeit für die Erkennung von Blutflecken deshalb eine beschränkte, weil sie nicht empfindlich genug sind, um bei so geringen Blutspuren, wie sie in gerichtlichen Fällen häufig in Frage kommen, ein Resultat zu geben. Durch Benutzung eines grossen (Kirchhoff-Bunsen'schen) Spectralapparates, sowie des mittelst directen Sonnenlichts hervorgerufenen Sonnenspectrums und einer Vorbereitung, wie sie zunächst nur in physikalischen Cabinetten möglich wird, lässt sich zwar die Empfindlichkeit einigermaassen steigern, allein da in unseren Breitegraden die Tage, wo uns directes Sonnenlicht zu Gebote steht, keineswegs die Regel sind, wird die Steigerung der Empfindlichkeit häufig eben einfach unmöglich.

Es ist weiterhin darauf aufmerksam zu machen, dass aus Blutflecken, welche älter wie wenige Wochen sind, meinen Erfahrungen zufolge Lösungen erhalten werden, welche die Oxyhämoglobinstreifen nicht mehr zeigen, ja schon nach 8 bis 14 Tagen werden dieselben in verdünnter Lösung schwach und undeutlich. Die Angabe, dass man sie schärfer und sicherer erhält, wenn man die Flecken, statt mit reinem oder ammoniakalischem Wasser, mit einer Lösung von Jodkalium auszieht, fand ich nicht bestätigt.

Der Umstand, dass carminsaure Alkalien ähnliche Absorptionsstreifen geben, wie Oxyhämoglobinlösungen, ist zu erwähnen, aber beeinträchtigt die Methode nicht, da die örtliche Lage dieser Streifen im Spectrum eine verschiedene ist, worüber ein Controleversuch sofort Aufschluss giebt.

Häminprobe.

Eine der sichersten und elegantesten Methoden zur Erkennung der Blutflecken ist die sogenannte Häminprobe. Dieselbe beruht auf der Thatsache, dass Eisessig aus getrocknetem Blute beim Erwärmen Hämin auszieht, welches nach dem Verdunsten des Eisessigs sich in sehr charakteristischen Krystallen ausscheidet, die wir bereits S. 163 beschrieben haben.

Das Verfahren zur Erzeugung der Häminkrystalle besteht einfach darin, die fraglichen Flecken selbst, oder unter Umständen ihre zur Trockne verdampften wässerigen Auszüge mit vollkommen wasserfreiem Eisessig (Acetum glaciale) auszukochen, und die kochend heiss bereiteten Auszüge in Uhrgläsern auf dem Wasserbade, oder auch wohl unter der Luftpumpe über Schwefelsäure zu concentriren. War die Blutmenge nicht zu gering, so scheiden sich schon während des Erkaltens, jedenfalls aber beim Concentriren bis nahe zur Trockne, die Häminkrystalle aus; unter dem Mikroskope erscheinen sie als meist rhombische Tafeln, zuweilen mit abgerundeten Winkeln, von röthlich-gelber Farbe durch Rothbraun bis zu tiefstem Schwarz. Vergl. Funke: Atl., 2. Ausg., Taf. IX. Fig. 2. Diese Krystalle sind unlöslich in Wasser, Aether, Alkohol, Chloroform, Essigsäure, Phosphorsäure, Salzsäure; schwer löslich in Ammoniak, verdünnter Schwefel- und Salpetersäure. In Kalilauge lösen sie sich langsam auf, wobei zuerst eine dunkelgrüne Färbung auftritt, die allmählich in intensives Braun und dann in Purpur oder Rosa übergeht. Bei dieser allmählichen Auflösung der Krystalle bilden sich durchsichtige sechsseitige Tafeln (Bryk). Concentrirte Schwefelsäure ruft bei der Lösung der Krystalle ähnliche Farbenerscheinungen hervor.

Es ist zur Erzeugung der Häminkrystalle nothwendig, dass das Blut noch seine löslichen Salze und namentlich Kochsalz enthält; dieser Salzgehalt kann aber Blutflecken durch einwirkenden Regen, Bodenfeuchtigkeit, oder auch wohl durch kochendes Wasser entzogen sein; in solchen Fällen gelingt die Erzeugung von Häminkrystallen erst dann, wenn man dem Eisessig ein oder ein paar Körnchen Kochsalz zufügt. Berg empfiehlt, die Flecken mit Wasser auszuziehen, die wässerige Lösung mit Gerbsäure zu fällen und mit diesem Niederschlage die Häminprobe vorzunehmen; die Essigsäure lässt er bei gewöhnlicher Temperatur verdunsten, da so die Häminkrystalle grösser ausfallen.

Die Angabe von Gunning und van Geuns, dass essigsaures Zink den Blutfarbstoff vollständig selbst aus den verdünntesten Lösungen fällt, und man aus diesem Niederschlage Häminkrystalle mit Sicherheit gewinnt, bedarf weiterer Prüfung.

Die Häminprobe ist sehr wichtig und beweisend, weil kein anderer Stoff ausser Hämatin solche Krystalle liefert. Mit Indigo gefärbte Zeuge, mit Eisessig behandelt, liefern allerdings auch Krystalle, dieselben sind aber blau gefärbt und ihre Krystallform ist eine wesentlich andere. Die Anwendbarkeit dieser Methode wird nur dadurch beschränkt, dass die Darstellung der Häminkrystalle nicht gelingt, wenn das Blut solchen Stoffen anklebt, die mit dem Hämatin in Wasser unlösliche Verbindungen eingehen, oder wenn die verdächtigen Flecken mit anderen fäulnissfähigen Materien, wie Excrementen, Mistjauche u. s. w. gemengt oder überschmiert sind. Aus faulem Blute können Häminkrystalle nicht mehr gewonnen werden (Wessel), während das Alter frisch eingetrockneten Blutes für das Gelingen der Probe gleichgültig ist. Scriba erhielt 1860 Häminkrystalle aus dem auf Papier eingetrockneten Blute des im Jahre 1820 hingerichteten L. Sand. Die Behauptung Kunze's, dass die Darstellung der Häminkrystalle überhaupt nur dann gelinge, wenn die Blutkörperchen noch erhalten und mikroskopisch erkennbar seien, bedarf einer näheren Prüfung. Nach Scriba können die Häminkrystalle unter Umständen auch durch kalte Digestion der Flecken mit Eisessig erhalten werden und in jenen Fällen, wo zu befürchten steht, dass durch die Essigsäure auch andere Farbstoffe aufgenommen würden, kann es rathsam sein, den kalten wässerigen Auszug der Flecken einzudampfen und den Rückstand mit Eisessig zu behandeln. Für alte Flecken eignet sich aber dieses Verfahren weniger.

Alle diese Methoden erleiden natürlich in ihrer Ausführung gewisse Modificationen oder auch wohl Beschränkungen, wenn sich die Flecken auf Holz, Metall, Stein und dergl. befinden. Die Modificationen für die einzelnen möglichen Fälle aufzuführen und eingehend zu besprechen, ist Aufgabe eines Lehrbuchs der gerichtlichen Chemie, und selbst nach Zuratheziehung eines solchen wird dem Experimentirenden dennoch Manches selbst zu überlegen übrig bleiben. Hier wollen wir nur daran erinnern, dass Eisenrost bekanntlich stets ammoniakhaltig ist, und dass daher aus dem beim Erhitzen verdächtiger, auf rostigem Eisen befindlicher Flecken sich entwickelnden Ammoniak, kein Schluss gezogen werden kann. Wohl aber kann in solchen Fällen der mit Blut gemengte Eisenrost mit Kalium oder Natrium erhitzt, die geschmolzene Masse mit Wasser behandelt und die wässerige Lösung mit Eisenoxyduloxydlösung und Salzsäure versetzt werden. War Blut vorhanden, so bildet sich Berlinerblau. Reiner Eisenrost für sich so behandelt, verhält sich negativ (H. Rose). Behandelt man auf gerostetem Eisen befindliche Flecken mit Wasser, so kann es endlich leicht geschehen, dass nichts in Lösung geht, da Hämatin mit Eisenoxyd eine in Wasser unlösliche Verbindung eingeht. Erhält man daher mit Wasser ein negatives Resultat, so kocht man mit verdünnter Kalilauge aus

und verfährt im Uebrigen wie weiter oben angegeben wurde. Doch ist zu bemerken, dass die unlösliche Verbindung des Hämatins mit dem Eisenroste erst nach längerer Einwirkung entsteht.

Eine vor Jahren von Virchow empfohlene Methode zum forensischen Nachweise des Blutes, welche darin besteht, die fraglichen Flecken mit 32 proc. Kalilauge zu behandeln, wodurch die rothen Blutzellen sich aus der Masse abgrenzen und mikroskopisch nachgewiesen werden können, hat in neuerer Zeit an Brücke und Malinin Vertheidiger gefunden und A. Rollett hat gezeigt, dass man diese Methode ganz gut mit der spectroskopischen combiniren könne, insoferne frisches und trockenes Blut, wenn es längere Zeit bei gewöhnlicher, oder kürzere Zeit bei erhöhter Temperatur mit concentrirter Kalilauge behandelt wird, im Spectroskop den Absorptionsstreifen des reducirten Hämatins (vergl. S. 162) zeigt.

Ein Mittel, um das relative Alter der Blutflecken zu schätzen, glaubt Pfaff in einer Lösung von arseniger Säure (6 Centigramm auf 8 Gramm Wasser) gefunden zu haben. Frische Blutflecken lösen sich nämlich in der Solution der arsenigen Säure rascher auf, wie alte, ganz frische lösen sich in wenigen Minuten, 1 bis 2 Tage alte sollen sich in etwa 15 Minuten, 4 bis 6 Monate alte in 3 bis 4 Stunden, über 1 Jahr alte in 4 bis 8 Stunden auflösen (?).

II. Chemie der Lymphe und des Chylus.

Literatur: H. Nasse: Artikel Lymphe im Handwörterb. d. Physiologie. Bd. II, S. 363. — Lehmann: Zoochemie, S. 227. — Gubler u. Quevenne: Gaz. méd. de Paris 1854. Nr. 24, 27, 30, 34. — Poiseuille u. Léfort: Compt. rend. T. XLVI, p. 677. — A. Würtz: Ibid. T. XLIX, p. 453. — Colin: Traité de physiol. comp. 1856. T. II. — Scherer: Dessen Ber. über phys. Chem. in Cannstatt's Jahresber. f. d. ges. Medicin für 1857. — Ludwig: Lehrb. der Physiologie. Bd. II, S. 572 u. ff. — H. Nasse: Handwörterb. der Physiologie. Artikel Chylus. Bd. I, S. 221. — Tiedemann u. Gmelin: Die Verdauung nach Versuchen. 1831. Bd. I, S. 162, u. Bd. II, S. 66. — Frerichs: Handwörterb. der Physiol. Artikel Verdauung Bd. III. — Lehmann: Zoochemie, S. 216 u. ff. — Ludwig: Lehrb. der Physiologie. Bd. II, S. 659. — A. Schmidt: Ber. d. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. 1861, S. 360. — Derselbe: Chem. Centralbl. 1861, S. 403. — Derselbe: Arch. f. Anat. u. Phys. 1861, S. 545. 675. — C. Schmidt: Bullet. de St. Petersbourg. 1861. T. III, p. 355. — F. Grohe: Greifswald. med. Beitr. III, S. 1. — Dähnhardt: Ausf. Analyse einer menschl. Lymphe. Arb. des Kieler physiol. Instituts, Kiel 1869. — Hammarsten: Ber. d. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1871. 20. Octbr. — Odenius u. Lang: Nordiskt medicinsk Arkiv. VI. Nr. 13. Stockholm 1874. — Tschiriew: Ber. d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1874. — Hensen: Arch. f. Physiol. X, 94. — H. Buchner: Arb. der physiol. Anstalt zu Leipzig. XI, 1876.

a. Lymphe.

Lymphe.

Zur Abfuhr der Gewebeflüssigkeiten, entstanden theils durch Austritt gewisser Blutbestandtheile durch Diffusion und Filtration in die Gewebe, theils durch Wechselwirkung des Blutes und der in den Geweben

bereits enthaltenen Säfte, theils endlich durch die regressive Stoffmetamorphose der Gewebe selbst, soferne diese Flüssigkeiten nicht wieder unmittelbar in das Blut zurücktreten, dienen Röhrensysteme, die mit ihren Endigungen in das Blutgefässsystem sich einsenken: die Lymphgefässe; die in ihnen enthaltene und fortbewegte Flüssigkeit ist die Lymphe.

Eine Abtheilung dieses Lymphgefässsystems: die Lymphcanäle der Schleimhaut des Dünndarms, führen im nüchternen Zustande eine mit der übrigen Lymphe übereinstimmende Flüssigkeit. Zur Zeit der Verdauung aber treten in die Anfänge dieser Gefässe Eiweisskörper, Kohlehydrate und Fette der Nahrung ein. Dadurch ändert sich die Beschaffenheit der Lymphe wesentlich und sie wird zu dem, was wir Chylus nennen. Durch den Ductus thoracicus wird letzterer aus den Lymphgefässen des Darms gesammelt und dem Blute zugeführt.

Aus diesen physiologischen Umrissen ergiebt es sich von selbst, dass die Lymphe in den einzelnen Gewebs- und Körperbezirken unmöglich von gleicher Mischung sein kann und dass ihre Zusammensetzung eine noch mehr wechselnde sein muss, wie jene des Blutes unter verschiedenen physiologischen Bedingungen (Verdauung, Art der Nahrung u. s. w.).

Physikalische Charaktere.

Physikalische Charaktere. Das äussere Ansehen der Lymphe schon bietet wesentliche Verschiedenheiten dar; sie stellt nämlich eine bald vollkommen farblose, bald gelblich-weisse oder gelbliche, bald endlich (wohl nur wenn sie mit Blut vermischt ist) röthliche, entweder vollkommen klare, oder opalisirende, oder endlich eine weisslich-trübe Flüssigkeit dar, von fade salzigem Geschmack, einem schwachen, eigenthümlichen Geruch und alkalischer Reaction.

So wie das Blut ist auch die Lymphe eine emulsive Flüssigkeit, d. h. eine Flüssigkeit, in der einzelne Bestandtheile wirklich gelöst, andere aber nur suspendirt sind.

Anatomische Charaktere.

Anatomische Charaktere. Die nur aufgeschwemmten, durch das Mikroskop wahrnehmbaren Formelemente der Lymphe sind:

Lymphkörperchen.

1. Die Lymphkörperchen, mit den farblosen Blutzellen vollkommen identisch; es kann demnach geradezu auf das beim Blute darüber Gesagte verwiesen werden.

Fettmolecüle.

2. Fetttröpfchen. Dieselben finden sich namentlich während der Verdauung, bedingen das trübe oder auch wohl undurchsichtige Aussehen der Lymphe und finden sich überhaupt in der Lymphe weniger reichlich wie im Chylus. Sie sind ausserordentlich klein, so dass sie selbst bei bedeutender Vergrösserung als feine staubartige Molecüle erscheinen, welche die Brown'sche Molecularbewegung zeigen. Sie scheinen aus Eiweisskörpern bestehende Hüllenmembranen zu besitzen, da sie nicht zusammenfliessen.

Rothe Blutkörperchen.

3. Die rothen Blutkörperchen, welche man in der Lymphe gefunden hat, stammen zum Theil wohl aus durchschnittenen Blutgefässen, ein Theil aber scheint der Lymphe wirklich eigenthümlich zu sein. Besonders reich an rothen Blutkörperchen hat man die Lymphe der Milz gefunden. Man hat daraus geschlossen, dass einzelne der Lymphkörperchen schon vor ihrem Eintritt in die Blutbahn sich in rothe Blutkörperchen verwandeln können und im Milchbrustgange des Kaninchens glaubt Frey sogar Uebergangsformen, ähnlich wie im Milzvenenblute, beobachtet zu haben. Nach Gubler und Quevenne wären die rothen Blutkörperchen der menschlichen Lymphe kleiner wie die des Blutes.

Chemische Bestandtheile der Lymphe.

Chemische Bestandtheile.

Die chemischen Bestandtheile der Lymphe sind ganz allgemein ausgedrückt die des Blutplasmas oder die des Serums des Blutes, es sind die Bestandtheile des Plasmas, zuweilen mit Einschluss, zuweilen aber mit Ausschluss der Fibringeneratoren, demnach:

Wasser, Serumalbumin, die Fibringeneratoren (nicht constant), Fette (Glyceride, hauptsächlich Oelsäureglycerid, aber auch Palmitinsäure- und Stearinsäureglycerid) (Dähnhardt, Odenius u. Lang), Seifen (nach Dähnhardt nur spurenweise), Fettsäuren, besonders Buttersäure an Alkali gebunden (Dähnhardt), Cholesterin (relativ viel, Dähnhardt), Extractivstoffe, worunter milchsaure Salze, Harnstoff, Leucin (Dähnhardt) und Traubenzucker (konnte von Dähnhardt in menschlicher Lymphe nicht aufgefunden werden), endlich die anorganischen Salze des Blutplasmas, jedoch in einem wesentlich geänderten Verhältnisse, vorherrschend Chlornatrium und wenig phosphorsaure, mehr noch schwefelsaure Alkalien; ausserdem kohlensaure Alkalien und Ammoniaksalze (in der Pferdelymphe).

Von Gasen enthält die Lymphe vorzugsweise Kohlensäure, Stickstoff sehr wenig, Sauerstoff so wenig, dass er möglicher Weise nur zufällige Beimengung ist (Hammarsten, Tschiriew).

Hierzu ist zu bemerken, dass sich die mit der Lymphe angestellten chemischen Versuche zum Theil auf menschliche Lymphe, zum Theil aber auf Lymphe beziehen, die von Thieren gewonnen wurde, namentlich von Pferden.

Die Lymphe gerinnt sehr häufig unter Abscheidung von Faserstoff, doch nicht immer. Scheidet sich Faserstoff ab, so stimmt er in seinen Eigenschaften vollkommen mit jenem des Blutes überein. Die Bedingungen, unter denen keine Gerinnung stattfindet, liegen weder in der Blutbeschaffenheit, noch auch in der Geschwindigkeit, mit welcher die Lymphe gebildet wird (Ludwig). Allerdings ist bei reichlich ausfliessender Lymphe das Fehlen der Gerinnung häufiger, zuweilen aber gerinnt auch die sparsam ausfliessende nicht (Colin, Ludwig). Die aus demselben Gefässe ausströmende Lymphe selbst ist wechselnd (von

Stunde zu Stunde), bald gerinnend und bald nicht gerinnend; ebenso ist zuweilen von zwei Portionen, die gleichzeitig aus den beiderseitigen Halsstämmen mit ungefähr gleicher Geschwindigkeit hervorkommen, die eine schwach oder gar nicht, die andere stark gerinnend (Ludwig).

Das Albumin der Lymphe stimmt mit dem Blutalbumin in seinem Verhalten meistens vollkommen überein, doch beobachteten Geiger und Schlossberger in der Pferdelymphe ein Albumin, welches beim Kochen nicht gerann, beim Abdampfen aber eine Haut bildete (Natriumalbuminat?). H. Nasse fand, dass die Asche des mit Wasser und Weingeist erschöpften Lymphalbumins aus Pferdelymphe noch sehr viel kohlensaures Alkali enthielt.

Die oben als Bestandtheile der Lymphe angegebenen milchsauren Salze sind mit Bestimmtheit noch nicht nachgewiesen, doch ist ihre Gegenwart wahrscheinlich gemacht. Harnstoff wurde in der Lymphe verschiedener Thiere mit Sicherheit nachgewiesen, ebenso Traubenzucker. In der aus dem Halsstamme des Hundes ergossenen Lymphe ist letzterer ein nie fehlender Bestandtheil, selbst wenn er im Blute nicht nachgewiesen werden kann (Krause, Poiseuille, Lefort). In der menschlichen Lymphe konnten ihn Dähnhardt und Hensen nicht nachweisen.

Die Kohlensäure der menschlichen Lymphe ist zum grossen Theile nur locker gebunden, und daher durch Kochen austreibbar (Dähnhardt und Hensen), was übrigens nach Hammarsten auch für die Hundelymphe gilt.

Allgemeines chemisches Verhalten der Lymphe.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Dasselbe stimmt natürlich je nach dem vorhandenen oder fehlenden Gehalte der Lymphe an den Fibringeneratoren bald mit dem des Blutplasmas, bald mit jenem des Blutserums überein. Wenn die Lymphe die Fibringeneratoren enthält, so gerinnt sie nach der Entleerung zu einer farblosen zitternden Gallerte, die sich auf ein im Verhältnisse zum Serum sehr kleines Coagulum zusammenzieht, welches die Lymphkörperchen und die sonstigen Formelemente der Lymphe fast vollständig einschliesst. Gubler und Quevenne beobachteten, dass der ursprünglich gelblich-weisse Lymphkuchen der aus dem Oberschenkel einer gesunden Frau ohne Zutritt von Blut erhaltenen Lymphe sich allmählich röthete; dieses Factum konnte dagegen H. Nasse bei menschlicher Lymphe seinerseits nicht bestätigen.

Quantitative Zusammensetzung der Lymphe.

Quantitative Zusammensetzung.

Ueber das Gewichtsverhältniss der hauptsächlichsten Bestandtheile der Lymphe von Menschen und Thieren sind mehrfache Untersuchungen angestellt; allein nach dem, was wir über den Ursprung dieser Flüssig-

keit bereits angeführt haben, kann es nicht Wunder nehmen, dass die erlangten Resultate keineswegs besonders übereinstimmen. Wenn wir daher in Nachstehendem einzelne Analysen mittheilen, so geschieht es nicht etwa deshalb, um einen wahren Zahlenausdruck für die quantitative Zusammensetzung der Lymphe zu geben, denn ein solcher lässt sich hier noch weniger wie beim Blute geben, sondern um ein ungefähres übersichtliches Bild von dieser wechselnden Zusammensetzung zu liefern, und an dieses Bild die Bemerkungen anzuknüpfen, die sich aus der Betrachtung der Zahlenverhältnisse folgern lassen.

Quantitative Analysen menschlicher Lymphe.

Menschliche Lymphe: In 100 Theilen:

Bestandtheile in 100 Gew.-Thln.	Gubler und Quevenne		Marchand und Colberg	Scherer	Dähnhardt u. Hensen	Odenius u. Lang
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Wasser	93·99	93·48	96·93	95·76	98·63	94·36
Feste Stoffe . . .	6·01	6·52	3·07	4·24	1·37	5·64
Faserstoff	0·05	0·06	0·52	0·04	0·11	0·16
Albumin	4·27	4·28	0·43	3·47	0·23	2·12
Fett	0·38	0·92	0·26	—	0·15 (Fett u. Extractivstoffe)	2·48
Extractivstoffe . .	0·57	0·44	0·31	—		0·16
Salze	0·73	0·82	1·54	0·73	0·88	0·72

Die Lymphe, welche zu den Analysen von I. und II. diente, war aus dem Oberschenkel einer 39jährigen gesunden Frau gewonnen; sie floss aus, wenn man durch Einreissen der Epidermis varicose Erweiterungen des subcutanen Lymphgefässnetzes öffnete; Nr. III. bezieht sich auf Lymphe, die aus einer Wunde des Fussrückens ausfloss, Nr. IV. stammte aus sackartig ausgedehnten Lymphgefässen des Samenstranges. Die Lymphe, welche zur Analyse V. diente, wurde von einem kranken Manne aus einer Lymphfistel am Oberschenkel in reichlicher Menge entleert. Ihr specif. Gew. betrug 1·007, sie war weisslich trübe und reagirte alkalisch. (Es bestand ein Herzfehler und Ascites.) Die Analyse VI. (Mittel aus zwei Analysen) stammte aus den Lymphgefässen des linken Oberschenkels eines an Lymphorhoea leidenden 17jährigen Mädchens. Diese Lymphe war sehr reich an Fett, gerann spontan, und nach längerem Stehen sammelte sich an ihrer Oberfläche eine rahmähnliche Schicht. Das Fett war staubförmig klein, rothe Blutzellen waren in ziemlicher Anzahl zugegen. Von den 0·722 Proc. anorganischer Salze waren in Wasser löslich 0·678 Proc., un-

löslich darin 0·044 (Eisenoxyd und Calciumphosphat). Von den in Wasser löslichen Bestandtheilen betrug Chlornatrium 0·586 Proc., Natron 0·054 Proc., Kali 0·009 Proc., Schwefelsäure 0·016 Proc., Phosphorsäure 0·013 Proc.

Von C. Schmidt wurden Analysen der Lymphe und des Chylus von Pferden veröffentlicht, bei welchen die Bestandtheile des Serums und Kuchens getrennt bestimmt wurden. Des Interesses halber, welches gerade deshalb diese Analysen darbieten, theilen wir eine der die Lymphe betreffenden Analysen mit.

Dieselbe bezieht sich auf Lymphe aus dem einfachen rechten Halslymphstamme eines Füllens bei guter Heufütterung.

100 Thle. Lymphe enthalten:	95·517 Serum	4·483 Kuchen	Summe	In 100 Thln. Serum	In 100 Thln. Kuchen
Wasser	91·468	4·068	95·536	95·761	90·732
Feste Stoffe	4·049	0·415	4·464	4·239	9·268
Fibrin	—	0·218	0·218	—	4·866
Albumin	3·059	} 0·154	} 3·499	3·202	} 3·436
Fette	0·117			0·123	
Extractivstoffe	0·169			0·178	
Mineralsalze	0·704	0·043	0·747	0·736	0·966
Chlornatrium	0·540	0·027	0·567	0·565	0·607
Natron	0·124	0·003	0·127	0·130	0·060
Kali	0·011	0·005	0·016	0·011	0·107
Schwefelsäure	0·008	} 0·001	0·009	0·008	0·018
An Alkalien gebundene Phosphorsäure	0·002		0·002	0·002	0·015
Phosphorsaure Erden	0·019	0·007	0·026	0·020	0·159

Diese Analysen zeigen einen ähnlichen Gegensatz in der Vertheilung der Mineralbestandtheile auf Serum und Kuchen, wie er im Blute besteht, doch ist derselbe nicht so scharf ausgesprochen; er giebt sich am unzweideutigsten in der Vertheilung des Kalis und der an Alkalien gebundenen Phosphorsäure zu erkennen.

Im Allgemeinen aber muss aus den Analysen der Lymphe von Menschen und Thieren gefolgert werden, dass die Zusammensetzung derselben

eine sehr schwankende ist, dass jedoch im Allgemeinen die Lymphe wasserreicher ist wie das Blut, gleichzeitig auch ärmer an Albumin, relativ reicher jedoch an anorganischen Salzen.

Poiseuille und Lefort geben über die Gewichtsverhältnisse des Traubenzuckers in der Lymphe, verglichen mit jenen des Blutes und des Chylus, folgende auf 100 Thle. berechnete Zusammenstellung. Die Zahlen bedeuten Zucker in Grammen.

Zuckergehalt der Lymphe.

Thiere	Arterielles Blut	Inhalt des Ductus thoracicus	Halslymphe
Hund zu Ende der Verdauung	Spuren	0·109	0·166
Pferd (während der Verdauung)	0·069	0·220	0·442
Kuh (während der Verdauung)	0·055	0·068	0·098
		Mesenteriallymphe	
Kuh (während der Verdauung)	0·014	0·186	—
Stier (während der Verdauung)	0·073	0·123	0·266

Harnstoffgehalt der Lymphe.

Eine ähnliche Zusammenstellung giebt A. Würtz für den Harnstoffgehalt von Blut, Chylus und Lymphe.

In 100 Thln.

Thiere	Fütterung	Blut	Chylus	Lymphe
Hund	Fleisch	0·009	—	0·016
Hund	„	—	0·018	—
Kuh	Klee	0·019	0·018	0·019
Stier	Klee, Raps	—	0·019	0·021
Widder	gewöhnl. Futter	0·025	0·028	—
Pferd	„ „	—	—	0·012

Gasgehalt der Lymphe.

Nach den Untersuchungen von Hammarsten und H. Buchner beträgt der Kohlensäuregehalt der Lymphgase für 100 Vol. der Lymphe bei 0° C. und bei 1 M. Quecksilberdruck nach H. Buchner 42·56 bis 46·50 Proc., nach Hammarsten 28·50 bis 40·3 Proc.

Zwischen dem Kohlensäuregehalte der Lymphe frei athmender und jenem erstickter Thiere sind nach Tschiriew die Differenzen gering, doch ist hervorzuheben, dass sich in dieser Beziehung Blut und Lymphe insoferne entgegengesetzt verhalten, als in der Erstickungslymphe der

Kohlensäuregehalt eher geringer ist, wie jener der Lymphe athmender Thiere.

Eine quantitative Analyse der Asche menschlicher Lymphe verdankt man Dähnhardt und Hensen. Sie fanden in 100 Thln. der Asche:

Chlornatrium	74·484
Natron	10·355
Kali	3·255
Kalk	0·979
Magnesia	0·265
Phosphorsäure	1·091
Kohlensäure	8·206
Schwefelsäure	1·276
Eisenoxyd	0·057

Von der Kohlensäure geben Dähnhardt und Hensen 0·476 Proc. als bei der Veraschung gebildet an.

Verschiedenheiten in der quantitativen Zusammensetzung der Lymphe unter verschiedenen physiologischen Bedingungen.

Schwankungen in der quantitativen Zusammensetzung.

Die spärlichen Beobachtungen, die man über die Zusammensetzungsverhältnisse der Lymphe unter verschiedenen physiologischen Bedingungen und in verschiedenen Lymphgefässbezirken gemacht hat, reichen nicht aus, um auch nur eine der sich hier aufdrängenden Fragen mit einiger Sicherheit zu entscheiden. Doch je spärlicher das gegebene Material, um so mehr muss es die Aufgabe sein, es zu registriren, um zukünftigen Untersuchungen es möglich zu machen, daran anzuknüpfen, sei es auch nur, um Unrichtiges zu widerlegen und das Lückenhafte zu ergänzen.

Nach den Beobachtungen von Brücke u. A. treten die Lymphkörperchen in den Lymphgefässen jenseits der Drüsen viel reichlicher auf, als diesseits derselben.

Der Gehalt der Lymphe hungernder Thiere an Albumin soll nach den Beobachtungen von Chevreul, L'Héritier und Gmelin ein grösserer sein, wie der gefütterter, und dem entsprechend sollen auch hungernde Thiere eine wasserärmere Lymphe liefern. Krause bestätigte diese Beobachtungen am Hunde insoferne, als auch er fand, dass ein und dasselbe Thier unmittelbar und in den ersten Stunden nach der Mahlzeit eine um mehrere Procente wasserreichere Lymphe liefert als nach 24stündigem Hungern. Die Geschwindigkeit der Absonderung hat hierauf keinen Einfluss, denn die letztere kann sich bedeutend steigern, ohne dass sich der Gehalt an festen Stoffen ändert.

Die Veränderungen der Lymphe in Krankheiten sind noch gänzlich unbekannt.

Bildung der Lymphe und physiologische Bedeutung derselben.

Bildung der Lymphe.

Die verschiedenen Momente der Bildung der Lymphe sind keineswegs mit solcher Sicherheit festgestellt, dass eine Lücke nicht übrig bliebe; doch scheint so viel ausgemacht, dass die Lymphe ihr Material einerseits von den Wurzeln der Lymphgefässe und anderseits von den Drüsen bezieht; die Wurzeln scheinen den eigentlich flüssigen Theil der Lymphe zu liefern, während die Formelemente grösstentheils von den Drüsen stammen. Für den Ursprung der Lymphkörperchen aus den Drüsen spricht die bereits oben erwähnte Thatsache, dass dieselben in den Gefässen jenseits der Drüsen viel reichlicher auftreten, als diesseits derselben, sowie dass die Zellengebilde der Lymphdrüsen mit denen der Lymphe identisch sind. Die Gründe, welche für eine gewisse Beziehung zwischen Lymphbildung und Gewebssaft sprechen, sind gewichtig, doch keineswegs erschöpfend. Hierüber Belehrung Suchende verweisen wir auf Ludwig's Lehrbuch der Physiologie.

Ursprung der Lymphkörperchen.

Nach den Untersuchungen von C. Schmidt wäre die Lymphe als reines Plasma-Transsudat zu betrachten. Nach von ihm angestellten quantitativen Versuchen würde sich mindestens die Hälfte der Gesammtblutmenge, oder besser der Intercellularflüssigkeit binnen 24 Stunden in eine Salzlösung mit halbem Albumingehalte: Lymphe, die aus dem Blutgefässe ins Lymphgefäss hinein transsudirte, — und Blutzellen nebst einem Reste der Intercellularflüssigkeit spalten, die weiter circulirend durch stetig wieder zuströmenden Chylus auf die ursprüngliche typische Normalconstitution zurück verdünnt würde. Volum und Salzgehalt der binnen 24 Stunden den Milchbrustgang durchströmenden Chylusmenge ist nahezu gleich dem Gesammtvolumen der im Körper circulirenden Intercellularflüssigkeit des Blutes. Für diese Verhältnisse hat C. Schmidt nachstehende Vergleichszahlen gegeben:

Es enthalten:	Wasser	Feste Stoffe	Fette	Fibrin	Albumin etc.	Salze incl. Eisen
100 Grm. Blut	80·549	19·451	0·264	0·331	15·037	0·756
48·3 „ Lymphe . . .	46·170	2·157	0·063	0·105	1·628	0·361
51·67 Rest an Blutzellen und Plasma weiter circulirend	34·379	17·294	0·201	0·226	13·409	0·395

Da diese Processe: Secretion aus und Rückfluss des Lymphsecretes in die Blutmasse, stetig neben einander hergehen, so muss die Zusammensetzung des Blutes und der Lymphe unter normalen Bedingungen innerhalb gewisser Grenzen constant bleiben.

Physiologische Bedeutung.

Die physiologische Bedeutung der Lymphe ergiebt sich ohne Weiteres aus dem Mitgetheilten. Gleichgültig, wie wir uns die Bildung der Lymphe in ihren einzelnen Phasen denken, sicher ist es, dass sie aus den Geweben stammt, sicher ist es, dass durch ihre Vermittelung die in letzteren sich anhäufenden Stoffe hinweggeführt werden, insoferne sie nicht ins Blut direct zurückkehren; aber nicht, um aus dem Körper zu treten, sondern um der Neubildung des Blutes Material zu liefern, und um zum Theil wieder in das Blut zurückzukehren, damit ihre Ausscheidung durch Haut, Lunge und Niere ermöglicht werde.

Die Lymphe ist demgemäss ein Factor eines intermediären Flüssigkeitskreislaufes; sie stellt den Rückstrom aus den Geweben zum Blute dar.

b. Chylus.

Anatomische Vorbemerkungen.

Unter Chylus verstehen die Physiologen die Flüssigkeit, welche aus dem Darme in die denselben umgebenden Chylusgefässe eintritt. Im nüchternen Zustande der Thiere führen diese Gefässe, wie bereits oben erwähnt wurde, eine mit der Lymphe übereinstimmende Flüssigkeit. Zur Zeit der Verdauung aber und bei gefülltem Darme treten in die Anfänge der Chylusgefässe Stoffe aus dem Darme über, die als Speisebrei (Chymus) oder als Drüsensaft sich in selbem befinden. Es wird daher der Inhalt der Chylusgefässe zu dieser Periode ein qualitativ und quantitativ anderer; er wird zum Chylus. Die kleineren chylusführenden Gefässe vereinigen sich sämmtlich in dem Ductus thoracicus oder Milchbrustgange, in welchen auch die eigentliche Lymphe mündet. Der Ductus thoracicus aber mündet in die Vena subclavia sinistra ein.

Ebenso wie die Lymphe ist demnach auch der Chylus eine Flüssigkeit, welche in ihrer Zusammensetzung bedeutenden Schwankungen unterworfen sein muss, denn sie enthält einerseits Lymphe, deren chemische Beschaffenheit ja selbst eine wechselnde ist und anderseits Stoffe aus dem Darme, deren Natur nach der Beschaffenheit der Nahrung wenigstens bis zu einem gewissen Grade wechselt. Wir schicken der näheren Betrachtung der physikalischen und chemischen Verhältnisse des Chylus noch die Bemerkung voraus, dass die meisten darüber angestellten Untersuchungen aus leicht begreiflichen Gründen sich auf Chylus von Thieren und zwar genauer gesagt, auf jenes Gemenge von Chylus und Lymphe beziehen, welches im Milchbrustgange enthalten ist.

Physikalische Charaktere.

Physikalische Charaktere. Der aus dem Ductus thoracicus in der Verdauung begriffener Thiere entnommene Chylus ist eine

milchig-opalisirende, gelblich-weisse oder auch wohl blassröthliche Flüssigkeit von schwachem, eigenthümlichem Geruche und fade-salzigem Geschmack. Sie reagirt schwach alkalisch und ihre Dichtigkeit schwankt nach den Beobachtungen von Owen Rees und Marcet zwischen 1·012 und 1·022.

Anatomische Charaktere.

Anatomische Charaktere. Auch im Chylus sind gewisse Bestandtheile desselben wirklich gelöst, während andere, seine Formelemente, darin suspendirt sind.

Diese Formelemente stimmen im Allgemeinen mit denen der Lymphe überein.

Die Chyluskörperchen sind mit den Lymphkörperchen identisch; dasselbe gilt von den staubartigen Fettmolecülen. Elementarkörnchen bestehen nach Gerlach ebenfalls aus Fett und einer Eiweissstoffhülle, und unterscheiden sich von den staubartigen Fettmolecülen nur durch ihre messbare Grösse und ihre Neigung, sich zu Häufchen zu vereinigen. Von den rothen Blutkörperchen des Chylus gilt alles bei Gelegenheit der Lymphe Gesagte.

Mikroskopische Abbildungen der Formelemente des Chylus während der Verdauung bei Funke: Atlas, 2. Ausg., Taf. XIII, Fig. 6.

Chemische Bestandtheile des Chylus.

Chemische Bestandtheile.

Die chemischen Bestandtheile des Chylus sind dieselben wie jene des Blutes minus der Blutkörperchen, demnach:

Wasser, Albumin, Fibringeneratoren, Fette (Glyceride), Seifen, Extractivstoffe, worunter Traubenzucker, Harnstoff und milchsaure Alkalien (im Chylus der Pferde) und die anorganischen Salze des Blutplasmas, vorherrschend Chloralkalien, weniger phosphorsaure Alkalien und, wie es scheint, keine schwefelsauren Salze.

Im frischen Chylus der Mesenterialdrüsen in der Nahrungsresorption befindlicher Kaninchen, Katzen und Hunde ist nach Grohe ein durch Weingeist fällbares, kräftig wirkendes zuckerbildendes Ferment enthalten.

Es muss vorläufig noch dahin gestellt bleiben, ob der von verschiedenen Beobachtern constatirte geringe Eisengehalt der Chylusasche als dem Chylus wesentlich anzusehen ist, da er möglicherweise auch von dem Chylus meist beigemischten rothen Blutkörperchen herrühren könnte.

Der Faserstoff des Chylus zeigt eine geringe Contractionsfähigkeit; er bleibt geronnen gallertig und löst sich in Salzlösungen leichter wie der Blutfaserstoff.

Das Albumin zeigt zum Theil den Charakter des Serumcaseïns oder Natronalbuminates; es gerinnt nicht in grösseren Flocken beim Kochen, wird durch Essigsäure theilweise gefällt und scheidet sich beim Abdampfen des Chylus in Häuten ab.

Die im Chylus enthaltenen reichlichen Mengen von Alkalien sollen nach den Angaben C. G. Lehmann's zum Theil an Albumin, Fettsäuren und Milchsäure gebunden sein.

Allgemeines chemisches Verhalten des Chylus.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Neun bis zwölf Minuten nach der Entfernung aus dem Körper coagulirt der Chylus; das Coagulum, welches sich nach zwei bis vier Stunden contrahirt hat, ist sehr weich, zerreisslich und zuweilen gallertartig; an der Luft färbt es sich, namentlich das von Pferden, röthlich. Das Chylusserum erscheint nach der Abscheidung des Coagulums nie vollkommen klar. Beim Verdünnen mit Wasser wird es nicht stärker getrübt. Beim Kochen mit Wasser entsteht in der Flüssigkeit eine milchige Trübung, aus der sich nur spärliche Klümpchen abscheiden; Essigsäure bewirkt im Chylusserum starke Trübung. Beim Abdampfen der von dem Eiweisscoagulum abfiltrirten Flüssigkeit bilden sich auf deren Oberfläche farblose, durchsichtige Häute. Schüttelt man das Chylusserum mit Aether, so wird es vollkommen klar, zwischen Aether und Serum scheidet sich aber dann eine weissliche Substanz ab (Hüllen der Fettmolecüle?).

Nach den Beobachtungen von A. Schmidt gerinnt Chylus in wenigen Augenblicken, wenn man ihn mit einer kleinen Quantität defibrinirten Blutes versetzt. Spontan ausgepresstes, ganz klares blutkörperchenfreies Serum beschleunigt ebenfalls die Gerinnung des Chylus, aber in viel geringerem Grade. Je mehr Blutkörperchen das Serum enthält, desto stärker ist die Wirkung. Daraus schliesst A. Schmidt, dass im Chylus fibrinogene Substanz enthalten sei.

Zusatz von Wasser, das mit Kohlensäure gesättigt ist, verzögert die Gerinnung des Chylus um $2^1/_2$ Stunden. Mit Sauerstoff gesättigtes Wasser ist ohne Einwirkung. Durch Abschluss des Sauerstoffs aber wird die Gerinnung des Chylus ebenfalls verzögert (A. Schmidt).

Quantitative Zusammensetzung des Chylus.

Quantitative Zusammensetzung.

Von dieser gilt alles bei der Lymphe Gesagte. Von einer constanten Zusammensetzung kann natürlich auch hier keine Rede sein, ja die Schwankungen in der Zusammensetzung müssen sich hier der Natur der Sache gemäss noch viel beträchtlicher gestalten, wie bei der Lymphe. Die Schwankungen sind nämlich hier durch noch zahlreichere Momente bedingt, namentlich auch durch die Zusammensetzung des flüssigen Darm-

inhaltes, des Blutes und die relativen Uebergewichte der Kräfte, welche die Chylusgefässe füllen. Die einmal in die Chylusgefässe übergetretene Flüssigkeit muss ferner veränderlich sein, je nach der Zahl der Drüsen, die sie bereits durchströmt hat.

Quantitative Chylus-analysen.

Auch die quantitativen Analysen des Chylus beziehen sich zumeist auf Chylus aus dem Ductus thoracicus und zwar natürlich von Thieren. Wir stellen die vollständigeren in nachstehender Tabelle zusammen. Wir schicken aber denselben noch die Bemerkung voraus, dass man eine Methode der Bestimmung der Chyluskörperchen nicht kennt und sich dieselben in den für die übrigen Bestandtheile gefundenen Werthen auf Fibrin und Albumin vertheilen.

Bestandtheile in 100 Thln.	Pferd Fr. Simon Ductus thoracicus	Katze H. Nasse	Esel O. Rees. Von dem Ductus thoracicus	Hund C.Schmidt	Kuh Lassaigne	Mensch O. Rees
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Wasser . . .	92·823	90·57	90·237	91·665	96·440	90·50
Feste Stoffe .	7·177	9·43	9·763	8·335	3·560	9·50
Faserstoff . .	0·072	0·130	0·370	0·212	0·095	Spur
Albumin . . .	4·989	4·890	3·516	3·579	2·800	7·080
Fette	0·489	3·270	3·601	3·302	0·040	0·920
Extractivstoffe } Salze . . . . }	1·142	—	1·565	0·403	0·055	—
		1·140	0·711	0·839	0·570	—
Chlornatrium .	—	0·710	—	—	0·500	—
Alkalisalze . .	—	0·230	—	—	0·020	—
Erdsalze . . .	—	0·200	—	—	0·030	—
Eisenoxyd . .	—	Spur	—	—	—	—

I. Mittel aus 3 Analysen aus Pferdechylus des Ductus thoracicus mit Erbsen und Hafer gefüttert; VI. Chylus eines Hingerichteten.

Eine sehr vollständige Analyse des Chylus aus dem Ductus thoracicus eines jungen Pferdes hat C. Schmidt ausgeführt. Das Thier hatte 3 Stunden vor dem Versuche Mehlbrei und Heu gefressen:

100 Grm. Chylus enthalten:				100 Gr. Serum	100 Grm. Kuchen
	96·744 Serum	3·256 Kuchen	Summe		
Wasser	92·729	2·890	95·619	95·850	88·759
Feste Stoffe	4·015	0·366	4·381	4·150	11·241
Fett	0·048	0·005	0·053	0·050	0·154
Seifen	0·027	0·001	0·028	0·028	0·027
Fibrin	—	0·127	0·127	—	3·895
Albumin	2·985 }	0·215	3·424	3·085	6·596
Extractivstoffe	0·224 }				
Hämatin	—	0·006	0·006	—	0·205 (incl. 0·014 Eisen)
Salze, excl. Eisen	0·731	0·018	0·749	0·755	0·546
Chlornatrium	0·576	0·008	0·584	0·595	0·230
Natron	0·113	0·004	0·117	0·117	0·132
Kali	0·011	0·002	0·013	0·011	0·070
Schwefelsäure	0·005	—	0·005	0·005	0·001
An Alkalien geb. Phosphorsäure	0·002	0·003	0·004	0·002	0·085
Phosphorsaurer Kalk	0·019	0·001	0·020	0·020	0·025
Phosphorsaure Magnesia	0·05	—	0·005	0·005	0·003
Aschenmenge durch Einäscherung	0·811	0·020	0·831	0·838	0·626
Kohlensäure der Asche	0·081	0·002	0·082	0·083	0·060

Nach den Analysen C. Schmidt's würde sich der Inhalt des Ductus thoracicus von jenem des grossen rechten Halslymphstammes qualitativ wie quantitativ fast nur durch einen geringen Eisengehalt unterscheiden.

Bezüglich des Zucker- und Harnstoffgehaltes verweisen wir auf die Lymphe, wo die vorhandenen Bestimmungen mitgetheilt sind.

Eine als Chylus aufzufassende Entleerung aus der Lymphfistel eines zehnjährigen Knaben wurde von Hensen zu verschiedenen Zeiten der Analyse unterworfen. Dieselbe war durch rothe Blutzellen, welche sich aber bald absetzten, rosenroth gefärbt, reagirte alkalisch und ergab bei der mikroskopischen Untersuchung neben rothen Blutzellen die Formelemente des Chylus.

Aus 19 Analysen ergaben sich für die quantitativ bestimmten Bestandtheile nachstehende Maximal-, Minimal- und Mittelwerthe in Procenten:

	Maxim.	Minim.	Mittel.
Wasser	96·3	91·0	93·6
Albumin (+ Fibrin?)	3·9	1·7	3·5
Fette	3·69	0·28	1·9
Cholesterin	0·102	0·018	0·06
Anorg. Salze	1·09	0·643	0·768

Das Alkoholextract enthielt Zucker, das Wasserextract war sehr reich an Stickstoff und enthielt ein diastatisches (zuckerbildendes) Ferment. Nach möglichster Entfernung der rothen Blutzellen betrug der Eisengehalt der Asche noch 0·52% der Gesammtasche.

Aehnliche Beobachtungen wurden schon früher gemacht (Rees, Emmert).

Verschiedenheiten in der quantitativen Zusammensetzung des Chylus unter verschiedenen physiologischen Bedingungen.

Physiologische Schwankungen.

Dass der Chylus je nach den verschiedenen Körperregionen, denen er entnommen wird, auch eine verschiedene Zusammensetzung zeigen muss, ist bereits aus dem über seine Entstehung und Natur Gesagten zur Genüge ersichtlich. Versuche nach dieser Richtung wurden von Tiedemann und Gmelin angestellt; da aber die Untersuchungsmethoden sehr unvollkommene waren, ausserdem noch die Voraussetzungen der Kritik Handhabe boten, so lassen sich aus den Analysen keine entscheidenden Schlüsse ziehen. Alle Beobachter sind aber darin einig, dass jenseits der Mesenterialdrüsen die Lymphkörperchen ausserordentlich zunehmen, sowie auch darin, dass sich der Fettgehalt des Chylus um so mehr vermindere, als sich derselbe in seiner Beschaffenheit dem Blute nähert. Der Grund letzterer Erscheinung ist wohl darin zu suchen, dass ein Theil des Fettes allmählich verseift wird, während ein anderer vielleicht in den Drüsen zur Zellenbildung verwendet wird.

Einfluss der Nahrung auf die Zusammensetzung des Chylus.

Die Nahrung und die Art derselben übt selbstverständlich auf die chemische Zusammensetzung des Chylus einen sehr bedeutenden Einfluss aus, doch ist über diesen Einfluss wenig durch den Versuch festgestellt.

Nach dem Erörterten bedarf es keines weiteren Beweises, dass von eigentlichem Chylus bei hungernden und nüchternen Thieren eigentlich keine Rede sein kann, denn der Chylus entsteht ja erst durch den Uebertritt der im Darme enthaltenen Stoffe: des Chymus, in die Lymphgefässe des Darms. Die in den Lymphgefässen des Darms hungernder Thiere enthaltene Flüssigkeit wird daher in ihrer Zusammensetzung sich mehr oder weniger der eigentlichen Lymphe nähern.

Einfluss der Art der Nahrung.

Was die Art der Nahrung anbetrifft, so weiss man über den Einfluss derselben auf die Beschaffenheit des Chylus ebenfalls nur wenig. Fettreiche Nahrung, sowie Fleischnahrung, die ja immer auch erhebliche Mengen von Fett in sich schliesst, bedingt Vermehrung des Fettgehalts. Dagegen bedingen Kohlehydrate nach den Erfahrungen von C. G. Lehmann keine entschiedene Vermehrung des Chylusfetts.

Ueber die pathologischen Veränderungen des Chylus sind Untersuchungen nicht angestellt.

Methoden der Analyse.

Die Methoden der quantitativen Analysen des Chylus sind die der Analyse des Blutplasmas. Eine Methode der Bestimmung der Lymph- oder Chyluskörperchen fehlt.

Bildung des Chylus und physiologische Bedeutung desselben.

Bildung des Chylus.

Der Chylus ist das Product der Vereinigung der Lymphe mit den aus dem Darme in die Lymphgefässe übertretenden Stoffen. Es kann demnach darüber, wie seine Bildung zu Stande kommt, kein Zweifel herrschen.

Was nun aber die einzelnen Bestandtheile desselben anbelangt, so hat man über ihren Ursprung für die Physiologie der Blutbildung und Ernährung nicht unwichtige Fragen aufgeworfen, allein diese Fragen erscheinen noch keineswegs definitiv gelöst. Eine Frage bezieht sich auf den Ursprung des Faserstoffs des Chylus. Auf Grund der Beobachtungen von Tiedemann und Gmelin hat man angenommen, dass der Chylus erst jenseits der Mesenterialdrüsen Faserstoff führe, allein die späteren Beobachter, namentlich Colin, haben die Unrichtigkeit dieser Annahme dargethan. Dadurch fällt nun natürlich die Hypothese, dass sich das Fibrin erst in den Drüsen erzeuge, in sich selbst zusammen. Am Wahrscheinlichsten ist es, dass der Faserstoff des Chylus vom Blutplasma und von der Lymphe stammt.

Physiologische Bedeutung.

Die physiologische Bedeutung des Chylus liegt auf der Hand. Der Chylus führt die assimilirten Elemente der Nahrung dem Blute zu und erscheint dadurch, einerseits als eine Mittelstufe zwischen Nahrung und Blut und anderseits als Ergänzungsmaterial des Blutes; er ist, wenn

man will, werdendes Blut. Insoferne aber gleichzeitig mit ihm auch die Lymphe in das Blut und zwar durch denselben Canal einströmt, führt er natürlich auch Umsatzstoffe der Gewebe, die nur deshalb in das Blut geführt werden, um hier weiter verbrannt, oder als solche durch die Colatorien des Organismus: Haut, Lunge und Nieren, ausgeschieden zu werden. Diese Stoffe gehören aber dem Chylus im engeren Sinne nicht wesentlich an und vermögen namentlich nicht seinen recrementiellen Charakter in Frage zu stellen.

III. Chemie der serösen Flüssigkeiten.

Literatur zur Chemie der serösen Flüssigkeiten und des Eiters: Lehmann: Lehrb. d. physiol. Chemie. 1853. B. II, S. 256. — Derselbe: Zoochemie 1858. S. 233, 522. — C. Schmidt: Zur Charakteristik der epidem. Cholera 1850. — Ludwig: Lehrb. der Physiologie 2te Aufl. Bd. II. — J. Vogel: Patholog. Anat. 1845. S. 12 bis 35. 105. — F. Hoppe-Seyler: Arch. f. path. Anat. Bd. XVI, S. 391. — Derselbe: Arch. f. path. Anat. XXVII, 392. — Derselbe: Handb. d. physiol. u. path. chem. Analyse 3te Aufl. 1870. 373. 299. — Derselbe: Med. chem. Untersuch. IV, 486. — Planer: Zeitschr. d. k. k. Gesellsch. der Aerzte zu Wien 1859. — Strassburg: Arch. f. Physiol. VI, 63. — Dressler: Prag. Vierteljahrschr. LXXVIII, 140, LXXXV, 115. — Miescher: ebenda. IV, 441. — A. Schmidt: Chem. Centralbl. 1861, S. 403. — Derselbe: Arch. f. Anat. u. Phys. 1861, S. 545. 675. — Derselbe: Arch. f. Anat. u. Phys. 1862, S. 428. — Derselbe: Arch. f. path. Anat. XXIX, 1. — Naunyn: Arch. f. Anat. u. Phys. 1863, S. 417. — Derselbe: ebenda. 1865, S. 166. — Eichwald: Würzburger med. Zeitschr. V, 270. 26. — H. Fischer: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1865, S. 225. — Hilger: Chem. Centralbl. 1867, S. 33. — Derselbe: Arch. f. Physiol. X, 211. — Schtscherbakoff: Arch. f. klin. Med. VII. 225. — Gscheidlen: Arch. f. Gynäkol. VI, 292. — C. A. Ewald: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1873, S. 663. — J. Munk: Arch. f. path. Anat. LXIII. — Quincke: Deutsch. Arch. f. klin. Med. XVI, 122. — F. Weyl: Arch. f. Anat. u Physiol. 1876, S. 543. — Prochownick: Beitr. zur Lehre vom Fruchtwasser u. seiner Entstehung. Separatabdr. aus dem Arch. f. Gynäkol. XI. Hft. 2. Leipzig 1877. — Hüfner: Journ. f. pract. Chem. N. F. XIII, 326.

Seröse Transsudate.

Zu den serösen Flüssigkeiten des Thierkörpers zählt man nicht allein die in der Höhle der serösen Säcke enthaltenen Flüssigkeiten, sondern die Transsudate im Allgemeinen: die aus den Capillaren austretenden Antheile der Intercellularflüssigkeit des Blutes.

In diesem Sinne zählen zu den Transsudaten alle jene Flüssigkeiten, welche aus den Blutgefässen ohne Zerreissung derselben in geschlossene oder offene Höhlen des Körpers, in das Parenchym der Organe, oder auch wohl auf die Oberfläche des thierischen Körpers ergossen werden.

Es gehören hierher:

a) Die in den serösen Säcken des Körpers enthaltenen Flüssigkeiten: Cerebrospinalflüssigkeit, Pericardialflüssigkeit, Peritonaealflüssigkeit, Pleuraflüssigkeit, Hodenflüssigkeit, Synovia.

b) Augenwasser und Thränen, Humor aqueus, Amniosflüssigkeit, parenchymatöse Transsudate.

c) Pathologische Transsudate: excessiv gewordene seröse Transsudate, hydropische Flüssigkeiten, Hydatidenflüssigkeiten, Hautblasenflüssigkeiten, Transsudate der Darmcapillaren (Darmcatarrh, Cholera, dysenterisches Transsudat).

Da diese Transsudate sowohl in ihren physikalischen Charakteren, als auch in ihrer Zusammensetzung, indem sie alle von einer Quelle: dem Blute stammen, grosse Uebereinstimmung zeigen, so erscheint es zweckmässig, sie zunächst collectiv abzuhandeln.

Physikalische Charaktere.

Physikalische Charaktere der serösen Flüssigkeiten im Allgemeinen. Die serösen Flüssigkeiten sind häufig klar und vollkommen durchsichtig, farblos, zeigen aber meist deutliche weissliche Fluorescenz; zuweilen aber sind sie mehr oder weniger durch verschiedenartige suspendirte Stoffe, wie zellige Elemente, Cholesterin, Fett, Fibrin etc., getrübt, auch wohl milchigweiss. Ihre Farbe ist gewöhnlich blassgelb, oder gelblichgrün, zuweilen aber sind sie auch röthlich gefärbt; sie besitzen schwach salzigen, faden Geschmack und schwach alkalische Reaction. Ihr specifisches Gewicht ist durchschnittlich geringer, wie jenes des Blutserums.

Die serösen Flüssigkeiten führen keine ihnen eigenthümliche Formelemente. Man beobachtet darin zuweilen Blutkörperchen, Zellengebilde, Molecularkörnchen, Epithelien, Cholesterinkrystalle und Fettausscheidungen, welche aber mehr als zufällige Elemente anzusehen sind.

Chemische Bestandtheile der serösen Flüssigkeiten.

Chemische Bestandtheile.

Die chemischen Bestandtheile der serösen Flüssigkeiten sind die des Blutplasmas oder jene des Blutserums, demnach:

Wasser, Serumalbumin, fibrinoplastische und fibrinogene Substanz (erstere nicht constant), Fette (Glyceride), Seifen, Cholesterin, Extractivstoffe und die anorganischen Salze des Blutserums, endlich die Blutgase mit sehr vorwiegender Kohlensäure. Wasserstoff und Schwefelwasserstoff zuweilen in Spuren. Grubengas wurde ein einziges Mal in einem jauchigen Transsudate nachgewiesen.

Als nicht constante Bestandtheile wurden nachgewiesen:

Paralbumin, Metalbumin, Caseïn- und Myosinähnliche Eiweisskörper (in den Cysten von Ovarial- und Thyreoidalgeschwülsten), Mucin und Schleimpepton (in Ovarialcysten, im Fruchtwasser und

Traubenmolen, jedoch nicht constant), Harnstoff, Leucin und Tyrosin (bei Leberkrankheiten und in vereiternden Transsudaten), Traubenzucker, andere nicht näher gekannte Kupferoxyd reducirende Substanzen, Gallensäuren, Gallenfarbstoff, milchsaure Salze, bernsteinsaure Salze, Kreatin und Kreatinin (?), Harnsäure, Xanthin, Guanin (?), Inosit (in Echinococcusflüssigkeiten), Hämoglobin und Methhämoglobin (in Kropfcysten).

Das Auftreten der meisten dieser, nur in pathologischen Transsudaten vorkommenden, nicht constanten Bestandtheile scheint Folge tiefer greifender Ernährungsstörungen zu sein.

Allgemeines chemisches Verhalten der serösen Flüssigkeiten.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Es ist meist das des Blutserums, da die Mehrzahl der hierher gehörigen Flüssigkeiten nicht freiwillig gerinnt; wenn aber auch letzteres der Fall ist, so kommt es doch nur sehr selten zu einer wirklichen Kuchenbildung, indem der Faserstoff sich meist nur in Flocken ausscheidet. Zuweilen ist es beobachtet, dass eine wirkliche Gerinnung stattfindet und die Flüssigkeit in eine homogene zitternde Gallerte verwandelt wird, welche sich bei längerem Stehen zu einem Faserstoffkuchen zusammenzieht, oder sich in ein feinflockiges sedimentirendes Gerinnsel verwandelt (Parafibrin).

Nach den Beobachtungen von A. Schmidt bewirkt defibrinirtes Blut Coagulation seröser Transsudate, welche für sich gar nicht gerinnen, nämlich dann, wenn dieselben fibrinogene aber keine fibrinoplastische Substanz enthalten; auch Zusatz von Chylus oder Lymphe, Eiter und Eiterserum hat zuweilen dieselbe Wirkung.

Quantitative Zusammensetzung der serösen Flüssigkeiten.

Quantitative Zusammensetzung.

Die serösen Flüssigkeiten, welche sich im Thierkörper vorfinden, gleichviel ob normal, ob endlich pathologisch als excessive Ausscheidung normaler Transsudate, oder als nur unter pathologischen Verhältnissen erfolgende Durchschwitzung, sind nicht Producte eines eigenthümlichen durch Drüsen vermittelten Secretionsprocesses, sondern das Resultat eines einfachen, durch die Gefässwand erfolgenden Austritts der Intercellularflüssigkeit des Blutes. Da aber dieser Austritt durch eine Membran erfolgen muss, deren Beschaffenheit keineswegs allen Bestandtheilen dieser Intercellularflüssigkeit oder des Blutplasmas den Durchtritt: die Osmose, gleich leicht gestattet, die vielmehr wie alle thierischen

Membranen für gewisse Stoffe leichter durchdringlich ist, wie für andere, so ist es klar, dass das Verhältniss der Bestandtheile in der transsudirten Intercellularflüssigkeit ein anderes sein muss, wie in dem Blute. Da nun die Gefässwände für Wasser am leichtesten durchdringlich sind, so werden folgerichtig die serösen Flüssigkeiten auch wasserreicher und im Allgemeinen ärmer an festen Bestandtheilen sein müssen, wie das Blutplasma, und dies ist denn auch thatsächlich der Fall. Weiter lehren die Studien über die osmotischen Eigenschaften der thierischen Membranen, dass Salzlösungen und die sogenannten Extractivstoffe leichter hindurchgehen, wie Albumin und die Fibringeneratoren und letztere wieder schwieriger wie ersteres, und es darf daher nicht Wunder nehmen, wenn wir in den serösen Flüssigkeiten die Salze und Extractivstoffe dem Albumin gegenüber relativ vermehrt finden und wenn das Fibrin häufig ganz fehlt, oder jedenfalls in weit geringerer Menge in den Transsudaten enthalten ist, wie im Blute. Doch giebt es von dieser Regel sehr bemerkenswerthe Ausnahmen, es giebt nämlich Fälle, wo das quantitative Verhältniss der einzelnen Bestandtheile in dem Transsudate keineswegs diesen Regeln folgt, wo wir also jedenfalls eine durchgreifende Veränderung der osmotischen Qualität der Gefässwände anzunehmen genöthigt sind. Wir kommen weiter unten darauf zurück.

Es ist überhaupt hervorzuheben, dass die quantitative Zusammensetzung der serösen Flüssigkeiten, abgesehen von der Beschaffenheit der Capillargefässwände, auch von anderen Momenten abhängig ist. Obgleich es noch weiterer Untersuchungen bedürfen wird, um alle diese Momente und ihren Wirkungswerth zu ermitteln, so ist doch dazu von C. Schmidt ein werthvoller Anfang gemacht.

Einflüsse, von welchen dieselbe abhängig ist.

Im Allgemeinen ist die qualitative und quantitative Zusammensetzung der serösen, gleichviel ob normalen, ob pathologischen Transsudate abhängig:

1. Von der Permeabilität der Gefässwände;
2. von der Beschaffenheit des Blutes;
3. von der Schnelligkeit der Blutbewegung in den Capillaren;
4. von dem Capillargefässsysteme.

Da die beiden ersteren Momente einer weiteren Erläuterung wohl nicht bedürfen, so fassen wir hier nur die beiden letzteren ins Auge.

Einfluss der Schnelligkeit der Blutbewegung in den Capillaren. Derselbe giebt sich vorzugsweise dadurch zu erkennen, dass je verlangsamter die Blutströmung wird, oder je mehr dieselbe ins Stocken geräth, desto häufiger die Transsudate fibrinhaltig und zugleich albuminreicher werden.

Einfluss des Capillargefässsystems. Derselbe bezieht sich insbesondere auf den Albumingehalt der Transsudate; nach den Beobachtungen von C. Schmidt scheint der Albumingehalt der Transsudate

jedes Capillargefässsystems, oder vielleicht deutlicher jeder Capillargefässzone nahezu constant zu sein, und zwar sind:

Am reichsten an Albumin:	die Pleuratranssudate.
Hierauf folgen in absteigender Ordnung:	die Peritonäaltranssudate,
	die Hirncapillartranssudate,
	die Unterhautzellgewebstranssudate.

Dieses Gesetz tritt natürlich nur dann in volle Geltung, wenn verschiedene Transsudationen unter gleichen Bedingungen: bei einem und demselben Individuum und gleichzeitig erfolgen.

Doch machen sich auch noch andere Einflüsse geltend. Wenn z. B. dem Blute auf anderen Wegen, wie bei Morbus Brighti durch den Harn, grosse Albuminmengen entzogen werden, so wird das durch irgend ein Capillargefässsystem erfolgende Transsudat ärmer an Albumin; ist das Blut sehr wässerig, so wird der Faserstoffgehalt des Transsudates, auch wenn er vorhanden wäre, kaum nachweisbar sein, da ja das Transsudat immer wässeriger ist, wie die Intercellularflüssigkeit des Blutes, und selbst in diesem der Faserstoff dem Gewichte nach nur etwa $^1/_{40}$ des Albumins beträgt.

Ein anderes, die Zusammensetzung der Transsudate beeinflussendes Moment ist erst in neuerer Zeit ermittelt. Stagniren Transsudate lange in serösen Säcken, ohne ganz resorbirt und ohne nach aussen entleert zu werden, so kann ein Theil ihres Wassers und ihrer Salze in das Blut zurücktranssudiren und sie werden dadurch concentrirter. Einschlägige Beobachtungen wurden von Hoppe-Seyler und W. Müller gemacht.

Nach allen diesen Erörterungen versteht es sich von selbst, dass die quantitative Zusammensetzung der serösen Flüssigkeiten die allergrössten Verschiedenheiten zeigen kann, und wir vermögen daher durch Mittheilung einiger Analysen wohl Belege für diesen Satz, nicht aber einen allgemeingültigen Zahlenausdruck für ihre Zusammensetzung zu geben. Wohl aber werden diese Analysen dazu dienen können, die oben besprochenen Gesetzmässigkeiten ihrer Zusammensetzung zu erläutern, die sich, wie hier ein- für allemal bemerkt sein mag, nicht allein auf die normalen, sondern auch auf die pathologischen Transsudate beziehen. Die pathologischen Transsudate sind überhaupt häufig nichts anderes, wie excessiv gesteigerte normale Transsudate und zwar unter Bedingungen der Kreislaufstörungen, die es nach dem Angeführten ohne Weiteres einsehen lassen, warum sie durchschnittlich reicher an Albumin sind, wie die normalen Transsudate.

Wir geben in Folgendem eine Uebersicht über die wichtigsten normalen und pathologischen Transsudate und schliessen daran tabellarische Beispiele ihrer quantitativen Zusammensetzung.

Cerebrospinalflüssigkeit. Eine in den Subarachnoidealräumen enthaltene und eine flüssige Atmosphäre um Gehirn und Rückenmark bildende seröse Flüssigkeit.

Cerebrospinalflüssigkeit.

Ausser den gewöhnlichen Bestandtheilen der serösen Transsudate wurde darin von Bussy, Turner, Hoppe-Seyler und von Schtscherbakoff ein Stoff aufgefunden, der Kupferoxyd in alkalischer Lösung reducirte, basisch salpetersaures Wismuth bei Gegenwart von kohlensaurem Natrium schwärzte, sich durch Kali bräunte, aber optisch unwirksam und nicht gährungsfähig war. Vielleicht ist dieser Stoff identisch mit dem von Bödeker im Harne aufgefundenen und unter dem Namen Alcapton beschriebenen Körper (S. 303). Cl. Bernard dagegen findet bei allen gut genährten Thieren Traubenzucker in der Cerebrospinalflüssigkeit. Möglicherweise hat er sich aber dabei nur von der Kupferreductionsprobe leiten lassen.

Das Albumin ist nach Hoppe-Seyler vorzüglich in der Modification des sogenannten Natronalbuminates vorhanden. Spontane Gerinnung tritt nicht ein. Die Flüssigkeit reagirt stark alkalisch und ist sehr arm an festen Stoffen überhaupt und namentlich an organischen.

Das Verhältniss der anorganischen Salze in der Flüssigkeit der Choroidalplexus des Gehirns macht von der Regel, dass in den Transsudaten die Salze des Blutplasmas in wenig geändertem Verhältnisse enthalten sind, eine Ausnahme; nach den Beobachtungen von C. Schmidt überwiegen darin nämlich die Kaliumsalze und Phosphate.

Pericardialflüssigkeit. Man versteht darunter den flüssigen Inhalt des Herzbeutels.

Pericardialflüssigkeit.

Er enthält zuweilen beide Componenten des Faserstoffs und gerinnt dann spontan, zuweilen nur fibrinogene Substanz, im Uebrigen aber die gewöhnlichen Bestandtheile der serösen Transsudate.

Synovia. Das Secret der Synovialkapseln der Gelenke: seröser mit Epithelialüberzug versehener Membranen; diese Flüssigkeit dient dazu, die Gelenktheile glatt und schlüpfrig zu erhalten.

Synovia.

Die Synovia ist ein klares, farbloses, oder gelblich gefärbtes Liquidum von schleimiger, fadenziehender Consistenz und alkalischer Reaction. Sie enthält von ihr allerdings nicht eigenthümlichen Formelementen: abgestossene Theile des Epithelialüberzuges der Kapsel, und granulirte Kernkörperchen.

Ausser den gewöhnlichen Bestandtheilen der serösen Transsudate wies Frerichs darin löslichen Schleimstoff nach. Der Gehalt an festen Stoffen ist viel bedeutender, wie bei anderen serösen Transsudaten, im Uebrigen aber, wie es scheint, von Ruhe und Bewegung des Thieres abhängig.

Amniosflüssigkeit, Fruchtwasser. Der Fötus der Säugethiere und des Menschen ist von einer Membran: der Schafhaut (Amnion), um-

Amniosflüssigkeit.

hüllt, welche dem Körper desselben anfänglich dicht anliegt, sich aber allmählich von demselben entfernt, indem sich zwischen ihm und der Schafhaut eine Flüssigkeit ansammelt, in welcher der Fötus an der Nabelschnur hängend schwimmt. Diese Flüssigkeit ist das Fruchtwasser.

Das Fruchtwasser ist insoferne als kein reines Transsudat zu betrachten, als es jedenfalls theils von der Mutter, theils vom Fötus herzuleiten ist, und demselben auch wohl Harn des letzteren beigemengt ist. Für letztgenannten Ursprung spricht die von Prochownick ermittelte Thatsache, dass der Harnstoffgehalt proportional der Länge und dem Gewichte des Kindes zunimmt. Die Amniosflüssigkeit des Menschen ist trübe, gelblich bis bräunlich gefärbt und setzt bei längerem Stehen ein aus weisslichen Flocken bestehendes Sediment ab. Der Geruch ist fade, der Geschmack schwach salzig, die Reaction neutral bis schwach alkalisch, das specifische Gewicht sehr schwankend (von 1·002 bis 1·028). Unter dem Mikroskope zeigt sie Schleimkugeln, Pflaster- und Flimmerepithelien.

Ihre Bestandtheile sind ausser den gewöhnlichen der Transsudate: (Mucin Scherer, Weyl), verschiedene Eiweisskörper und zwar Globuline, bei + 75 bis 80° gerinnend, ein vitellinähnlicher Eiweisskörper (Weyl), Serumalbumin, durch Verunreinigung mit Blut auch wohl Paraglobulin, Milchsäure (nicht constant), Harnstoff und zuweilen auch Kreatinin. Kohlensaures Ammonium, welches von einigen Beobachtern darin gefunden wurde, dürfte von einer Zersetzung des Harnstoffs abzuleiten sein. In dem Fruchtwasser der Kühe fand Prout in einem Falle Milchzucker, dagegen glaubt Cl. Bernard in der Allantois- und Amniosflüssigkeit der Kühe Traubenzucker gefunden zu haben. Nach Stas wären in der Amniosflüssigkeit der Kühe auch kohlensaure Alkalien und freie Kohlensäure nachweisbar. In der Amniosflüssigkeit des Huhnes endlich fand Stas Ammoniumbicarbonat. Aus den Untersuchungen von Prochownick ergiebt sich, dass das Fruchtwasser bis zur Mitte der Schwangerschaft an Concentration zunimmt, um dann wieder bedeutend abzunehmen, und in den Fällen von Hydrammion das niedrigste Maass zu erreichen. Der Harnstoff tritt darin mit der sechsten Woche der Schwangerschaft auf. Prochownick hält das Fruchtwasser von Anfang als ein ausschliessliches Fötalproduct.

Humor aqueus.

Humor aqueus. Diese seröse Flüssigkeit erfüllt die beiden Augenkammern, ist klar, von alkalischer Reaction und von geringem specifischen Gewichte (1·003 bis 1·009).

Ausser den gewöhnlichen Bestandtheilen der Transsudate enthält der Humor aqueus wägbare Mengen von Harnstoff.

Eine ähnliche Zusammensetzung und Beschaffenheit zeigt die Flüssigkeit des Glaskörpers.

Thränen.

Thränen. Obgleich die Thränen eigentlich und strenge genommen insoferne nicht zu den Transsudaten gehören, als sie als Secret der

Thränendrüsen zu betrachten sind, so stimmt doch ihre Zusammensetzung mit jener der eigentlichen Transsudate so sehr überein, dass sie am zweckmässigsten hier abgehandelt werden. Sie stellen eine nahezu klare, alkalisch reagirende Flüssigkeit dar, welche die gewöhnlichen Bestandtheile der Transsudate, ausserdem aber auch Schleim führt.

Hydropische Flüssigkeiten. Hydrops fibrinosus und serosus der Pathologen.

Hydropische Transsudate.

Flüssigkeitsansammlungen im Körper in Folge krankhafter Vorgänge und Kreislaufstörungen werden im Allgemeinen mit dem Namen Hydrops, Wassersucht, bezeichnet. Diese Ansammlungen finden statt:

Arten derselben.

1) In den serösen Höhlen des Körpers: Wassersucht der Pleura (Hydrothorax), Wassersucht des Herzbeutels (Hydrops Pericardii), Bauchwassersucht (Hydrops Peritoneï, H. ascites), Wassersucht der Scheidenhaut des Hodens (Hydrocele), Wassersucht der Schädelhöhle (Hydrocephalus), Wassersucht des Rückenmarkscanals (Hydrorhachis), Wassersucht des Auges (Hydrophtalmus).

2) Zwischen dem Parenchym der Organe. Oedem der Pathologen: Ist der Sitz der Wasseransammlung das Unterhautzellgewebe, so heisst die Krankheit Hautwassersucht (Anasarca); ist der Sitz dagegen in Organen, so führt das Oedem dem entsprechende Namen (Oedema pulmonum, Oedema glottidis etc.).

3) Innerhalb neugebildeter pathologischer seröser Säcke. Hierher gehören die Wasserblasen (Hydatiden), Traubenmolen, die Balggeschwülste, Flüssigkeiten der Echinococcus- und Acephalocystensäcke.

Die Bestandtheile dieser pathologischen serösen Flüssigkeiten sind im Allgemeinen die der übrigen Transsudate. Weiterhin enthalten sie häufig Mucin, Leucin, Harnstoff, Harnsäure und Cholesterin (Naunyn).

Aussergewönliche Bestandtheile.

Ausserdem wurde in einem Falle von Hydrothorax in der durch Paracentese entleerten Flüssigkeit eine eigenthümliche mit dem Syntonin nahe übereinstimmende Modification des Fibrins: Parafibrin, nachgewiesen (Gorup-Besanez), und bei Hydrops Ovarii: Paralbumin und Metalbumin aufgefunden. Die Flüssigkeiten der Ovarialcysten enthalten häufig Paralbumin, Mucin und Schleimpepton (Eichwald jun., Hilger), Colloidstoff, nach Eichwald jun. ein Uebergang vom Mucin zum Schleimpepton, sogenannte Peptone, aber nach Eichwald niemals Fibrin. Falls sie Paralbumin und Mucin enthalten, sind sie zähflüssig und fadenziehend. Scherer's Paralbumin wurde jedoch von Hilger auch in einer Ascitesflüssigkeit aufgefunden.

In der Flüssigkeit der Echinococcusbälge und der Hydrocele wurde Harnstoff, Bernsteinsäure und Inosit aufgefunden, doch auch zuweilen vermisst. In der Asche wiegt Chlornatrium bedeutend vor.

Tritt in den Transsudaten Vereiterung ein, so findet man vorhandenes Leucin beträchtlich vermehrt, und es treten Xanthin und Tyrosin auf, während Harnstoff und Harnsäure zurücktreten und endlich gänzlich verschwinden (Naunyn).

Zu den pathologischen serösen Transsudaten zählen noch das blutzellenfreie Wundsecret, die Vesicantienhautblasen, Pemphigusblasen u. dgl. mehr, ferner die Darmcapillartranssudate bei der Cholera, nach dem Gebrauche drastischer Laxanzen und bei der Ruhr.

Ueber die dabei stattfindenden quantitativen Verhältnisse hat C. Schmidt interessante Beobachtungen angestellt, auf die wir zurückkommen.

Uebersichtliche Beispiele der quantitativen Zusammensetzung der normalen serösen Transsudate und einiger pathologischer sind in nachstehender Tabelle enthalten und in derselben die mittlere Zusammensetzung des Blutplasmas der Vergleichung halber vorangestellt.

Tabellarische Uebersicht der quantitativen Zusammensetzung der serösen Transsudate.

Bestandtheile in 100 Theilen	Blutplasma nach C. Schmidt.	Cerebrospinalflüssigkeit des Menschen. Schtscherbakoff.	Cerebrospinalflüssigkeit des Hundes. C. Schmidt.	Pericardialflüssigkeit des Menschen. Gorup-Besanez.	Fruchtwasser. Prochownick.	Humor aqueus des Kalbes. Lohmeyer.	Glaskörper des Auges. Lohmeyer.	Thränen. Lerch.	Hydramnion. Prochownick.	Hydrops Ascites. J. Vogel.	Hydrops Pleurae. C. Schmidt.	Hydrocele. W. Müller.	Hydrocephalus acutus. C. Schmidt.	Hydrocephalus chronicus. Hilger.	Darmcapillartranssudat nach Laxanzen. C. Schmidt.	Dysenterisches Transsudat. C. Schmidt.
Wasser	90·15	98·99	98·82	95·51	98·43	98·69	98·64	98·20	98·14	94·60	93·40	93·40	98·68	98·77	96·97	95·86
Feste Stoffe	9·85	1·01	1·18	4·49	1·57	1·31	1·36	1·80	1·86	5·40	66·0	6·60	1·32	1·23	3·03	4·14
Fibrin	0·80	—	—	0·08	—	—	Häute 0·02	—	—	—	0·06	—	—	—	—	—
Albumin	8·19	0·18	0·24	2·47	0·19	0·12	0·13	0·50	0·52	3·30	5·28	5·17	0·37	0·25	0·16	1·50
Extractivstoffe . . .		0·81		1·27	0·81	0·42	0·32	—	0·77	0·13	0·30	0·51		—	2·01	1·46
Anorganische Salze .	0·86		0·95	0·67	0·59	0·077	0·88	1·32	0·56	0·80	0·74	0·92	0·95	0·76	0·86	1·18
Chlorkalium	0·036	—	—	—		0·011	0·06	—		—	—	—	0·22	0·08	0·26	—
Chlornatrium	0·554	0·54	—	—		0·690	0·77	0·30		—	—	—	0·44	0·40	0·20	—
Kaliumsulfat	0·028	—	—	—	0·566	0·022	0·015	—	0·52	—	—	—	0·009	0·03	0·06	—
Natriumphosphat . .	0·027	—	—	—		—	—	—		—	—	—	0·061	—	0·06	—
Natron	0·153	—	—	—		—	—	—		—	—	—	0·184	—	0·19	—
Calciumphosphat . .	0·030	—	—	—		—	0·01	—		—	—	—	0·031	0·09	0·03	—
Magnesiumphosphat .	0·022	—	—	—	0·024	0·047	0·0032	—	0·04	—	—	—			0·02	—
Kalk	—	—	—	—			0·013	—		—	—	—	—	—	—	—

Bezüglich der Zusammensetzung des Hydramnions kam Weyl zu ganz ähnlichen Zahlen, wie Prochownick. Im Hydramnion aus dem 7ten und 9ten Monat der Schwangerschaft fand Weyl 98·81 und 98·82 Wasser, 0·53 und 0·61 organische Stoffe und 0·65 und 0·56 Asche. Der Eiweissgehalt betrug 0·35 und 0·24.

Gase der serösen Transsudate.

Quantitative Bestimmungen über die von serösen Transsudaten absorbirten Gase sind von Planer, Strassburg, Dressler und von C. A. Ewald angestellt. Es geht daraus hervor, dass die Kohlensäure darin zum Theil locker, zum Theil fest gebunden ist, und der Sauerstoff meist weniger wie 1 Proc. beträgt, ja unter Umständen sogar fehlt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass Stickstoff und Sauerstoff atmosphärischen Ursprungs sind, und letzterer zu Oxydationen verbraucht wird, woher sich das zuweilen relativ beträchtliche Volumen des Stickstoffes erklären würde.

Bemerkenswerth ist die von Ewald gemachte Beobachtung, dass die Summe der in einem Transsudate enthaltenen Kohlensäure *caeteris paribus* um so geringer ist, je mehr sich die Beschaffenheit desselben reinem Eiter nähert. Bei den Pleuratranssudaten zeigt sich ein Anwachsen der Gesammtkohlensäure mit der Dauer des Bestehens, und zwar kommt dasselbe vorwiegend auf Rechnung der festgebundenen nur durch Säuren austreibbaren Kohlensäure.

Synovia.

Wir haben eine Analyse der Synovia in vorstehender Tabelle nicht aufgenommen, da sich ein allgemeiner Ausdruck dafür kaum geben lässt. Die Analysen von Frerichs haben nämlich gezeigt, dass die Zusammensetzung der Gelenkschmiere von dem Zustande der Ruhe und Bewegung ganz wesentlich abhängig ist. Thiere, die anhaltend im Stalle verbleiben, ebenso Neugeborene führen stets eine weit grössere Menge Synovia, die farblos, wenig klebrig und arm an Schleimstoff ist. Bei starker und häufiger Bewegung dagegen ist die Menge der Synovia fast um die Hälfte geringer; sie ist dicklicher, klebriger, reicher an Schleimkörperchen, reicher an Schleimstoff, aber ärmer an anorganischen Salzen. Diese Verhältnisse macht nachstehende die Analysen von Frerichs enthaltende Tabelle übersichtlich.

Bestandtheile für 100 Theile	I. Synovia eines neugeborenen Kalbes	II. Synovia eines im Stalle gemästeten Ochsen	III. Synovia eines auf die Weide getriebenen Ochsen
Wasser	96·57	96·99	94·85
Feste Stoffe	3·43	3·01	5·15
Schleimstoff	0·32	0·24	0·56
Albumin und Extractivstoffe	1·90	1·57	3·51
Fette	0·06	0·06	0·07
Anorganische Salze	1·06	1·13	0·99

Einfluss von Ruhe und Bewegung auf die Zusammensetzung der Synovia.

Pathologische Transsudate.

Unter den pathologischen Transsudaten sind es die Transsudate der Darmcapillaren, wie dieselben bei der asiatischen Cholera, nach dem Gebrauche drastischer Laxanzen und in Folge des dysenterischen Processes auftreten, die ein besonderes chemisches Interesse und zwar deshalb beanspruchen, weil sich in ihrer Zusammensetzung eine zur Zusammensetzung des Blutes in nächster Beziehung stehende Gesetzmässigkeit kundgiebt.

Eigenthümlichkeit der Choleratranssudate.

Die Choleratranssudate und ebenso die Transsudate nach dem Gebrauche drastischer Laxanzen, sind verhältnissmässig arm an Albumin und organischen Substanzen überhaupt, sie sind überwiegend reich an Wasser und relativ reicher an anorganischen Salzen; letztere zeigen ferner in ihrem gegenseitigen Gewichtsverhältnisse bedeutende Abweichungen. Es wiegen nämlich die Kaliumsalze und Phosphate viel mehr vor, wie bei anderen Transsudaten. Dem entsprechend findet man bei der Analyse des Cholerablutes den Salzgehalt der Blutkörperchen vermindert. Es treten also bei der Cholera und bei Darmcapillartranssudation in Folge des Gebrauches drastischer Laxanzen, aus den Blutkörperchen durch Diffusion Kaliumsalze und Phosphate in das Serum über und gelangen von hier in das Transsudat.

Bei anderen Transsudationsprocessen des Darms, so bei der Ruhr, erscheint das Transsudat albuminreicher und überhaupt reicher an festen Stoffen. Die Qualität der Transsudation stimmt hier überhaupt mit anderen albuminreichen pathologischen Transsudationen überein.

Bildung und physiologische Bedeutung der Transsudate.

Physiologische Bedeutung.

Nach dem Angeführten erscheint eine weitere Erörterung über die Art der Bildung der Transsudate überflüssig; schon ihre Begriffsbestim-

mung sagt das, was man überhaupt darüber weiss. Die physiologische Bedeutung der normalen Transsudate ist zum Theil eine mechanische, zum Theil eine physikalische; ihre etwaige Bedeutung für den Stoffwechsel kennt man nicht.

Als Anhang zu den Transsudaten findet am zweckmässigsten das Wichtigste über den Eiter hier seine Stelle.

Eiter.

Eiter.

Der Eiter ist eine flüssige, pathologische Neubildung, welche sich von den pathologischen serösen Transsudaten darin unterscheidet, dass sie ihr eigenthümliche und wesentliche mikroskopische Formelemente enthält: die Eiterkörperchen, dass sie demnach ähnlich dem Blute, anatomisch in einen aufgeschwemmten und in einen gelösten Theil geschieden werden muss, während die serösen Transsudate einfache Lösungen darstellen, oder wenigstens keine ihnen eigenthümliche Formelemente zeigen.

Physikalische Charaktere.

Physikalische Charaktere des Eiters. Der gute Eiter stellt eine rahmartige, dickliche Flüssigkeit dar, die undurchsichtig, vollkommen homogen ist und sich zwischen den Fingern weich und fettig anfühlt. Er besitzt einen eigenthümlichen Geruch, einen faden, süssen Geschmack, zeigt gewöhnlich alkalische Reaction, und ein sich innerhalb 1·030 bis 1·033 bewegendes specifisches Gewicht.

Anatomische Charaktere.

Anatomische Charaktere. Der Eiter besteht aus in der Flüssigkeit suspendirten, eigenthümlichen Formelementen und dem Eiterserum oder Plasma.

Die mikroskopischen Formelemente des Eiters sind:

a. Eiterkörperchen: dieselben stimmen im Allgemeinen in ihrem histiologischen und mikrochemischen Verhalten mit den farblosen Blutzellen, Lymphkörperchen etc. überein.
b. Molekularkörnchen und zuweilen sogenannte Entzündungskugeln.
c. Fetttröpfchen.

Das Eiterserum ist vollkommen klar, farblos oder schwach gelblich gefärbt, von schwach alkalischer Reaction und gerinnt beim Erhitzen zu einer dicklichen weissen Masse.

Chemische Bestandtheile des Eiters.

Constante Bestandtheile.

Chemische Bestandtheile.

Wasser, Serumalbumin, Alkalialbuminat: durch Kohlensäure theilweise, vollständiger durch Essigsäure fällbar, drei andere Eiweiss-

körper: 1) ein bei + 48 bis + 49° coagulirender, coagulirt, in 0·1procentiger Salzsäure, in Kochsalz und verdünnter Sodalösung unlöslich, 2) ein in Wasser unlöslicher, in Kochsalzlösung quellender, in 0·1procentiger Salzsäure löslicher, und 3) ein in Wasser und Kochsalzlösung unlöslicher, in 0·1procentiger Salzsäure löslicher (Miescher); Nucleïn (Miescher), Fette: Oelsäure- und Palmitinsäure-Glycerid, Seifen: ölsaure und palmitinsaure Alkalien, Cholesterin, Lecithin, Cerebrin (Hoppe-Seyler) und phosphorhaltiges Fett (Lehmann, Bödeker, Hoppe-Seyler, H. Fischer, Miescher); Extractivstoffe, anorganische Salze, worunter sehr viel Chlornatrium, dann phosphorsaure Alkalien, kohlensaure Alkalien (C. G. Lehmann), Calciumsnlfat? (in der Asche nach Lehmann), phosphorsaure Erden und etwas Eisenoxyd.

Von diesen Bestandtheilen gehören das sogenannte Nucleïn (vgl. S. 135), die von Miescher beschriebenen Eiweisskörper, Cerebrin und der grösste Theil des Cholesterins und Lecithins den Eiterkörperchen an.

Von Gasen enthält der Eiter vorzugsweise Kohlensäure und zwar locker gebundene absorbirt, Stickstoff und Sauerstoff nur in Spuren oder sehr geringe Mengen.

Nicht constante Bestandtheile.

Mucin (im Eiter entzündeter Schleimhäute), Chondrin (von Bödeker im Eiter eines Congestionsabscesses nachgewiesen), Glutin (von Bödeker im Eiter eines Schenkelabscesses nachgewiesen), Chlorrhodinsäure (Eiter bei Phosphornekrose, in Congestionsabscessen, im Krebssafte, Bödeker), Pyocyanin und Pyoxanthose (im abnormen blauen Eiter), Gallensäuren und Gallenpigment (im Eiter eines Schenkelabscesses bei catarrhalischem Icterus gefunden), Traubenzucker (im Eiter von Diabetikern), Harnstoff. Im zersetzten alkalischen Eiter und in saurem Eiter, wie man ihn bei jauchenden Zellhautabscessen und bei Carbunkeln findet, wies H. Fischer Leucin und flüchtige Fettsäuren: Ameisensäure, Buttersäure und Valeriansäure nach.

Allgemeines chemisches Verhalten des Eiters.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Die Eiterkörperchen haben ein viel geringeres Senkungsvermögen wie die rothen Blutkörperchen, sie setzen sich daher nur sehr langsam ab; doch lassen sie sich, wenngleich nur sehr langsam, mittelst des Saugfilters abfiltriren. Vermischt man Eiter mit einer Mischung von 1 Thl. kaltgesättigter Glaubersalzlösung und 9 Thln. Wasser, so setzen sich die Eiterkörperchen ziemlich rasch ab. Wenn man abfiltrirte Eiterkörperchen mit Wasser wäscht und den Rückstand mit etwa 10procentiger Kochsalzlösung behandelt, so erhält man eine trübe dickschleimige Masse; filtrirt man dieselbe, so erhält man ein opalisirendes Filtrat, welches mit destillirtem Wasser einen

Niederschlag von einigen Eigenschaften des Myosins giebt (Hoppe-Seyler u. Miescher). Der Eiter coagulirt beim Erhitzen wie eine Albuminlösung, das Coagulum schliesst aber die Eiterkörperchen in sich ein und es wird der Eiter durch jene Reagentien, welche Eiweisskörper fällen, präcipitirt. Wäscht man die durch verdünnte Glaubersalzlösung isolirten Eiterzellen mit sehr verdünnter Salzsäure und viel Wasser, löst den Rückstand in mit wenig Soda oder Aetznatron versetztem Wasser, fällt das Filtrat mit Salzsäure, löst wieder in schwach alkalischem Wasser, fällt mit Salzsäure und wäscht mit Alkohol, so erhält man Miescher's Nucleïn (Hoppe-Seyler).

Das Eiterserum ist trübe, von bräunlicher Farbe, frisch stets deutlich alkalisch und enthält die gleichen Bestandtheile wie jene des Blutserums. Längere Zeit der Luft ausgesetzt, geht der Eiter zuweilen in saure Gährung über. Dieselbe tritt namentlich bei mittlerer Temperatur in lufthaltenden verkorkten Gefässen ein; er nimmt dabei allmählich deutlich saure Reaction an; es bilden sich flüchtige und nichtflüchtige Fettsäuren aus den im Eiter enthaltenen Glyceriden. Bluthaltiger Eiter oder sogenannter schlechter Eiter geht meist sofort, ohne vorher der sauren Gährung unterlegen zu haben, in die alkalische, d. h. in Fäulniss über.

Quantitative Zusammensetzung des Eiters.

Quantitative Zusammensetzung.

Quantitative Analysen des Eiters als Ganzes wurden von Bödeker, Lassaigne und v. Bibra ausgeführt; dieselben haben aber heute der mangelhaften Methoden wegen nur untergeordneten Werth; sie ergeben nur, dass der Eiter dem Blutserum gegenüber gewöhnlich concentrirter ist, und sich von den hydropischen Flüssigkeiten ebenfalls durch einen geringeren Wassergehalt unterscheidet. Unter den löslichen Salzen macht Kochsalz den überwiegenden Bestandtheil aus.

Nach genaueren Methoden, und mit Berücksichtigung der im Eiter in neuerer Zeit erst aufgefundenen Bestandtheile hat Hoppe-Seyler Eiterserum und Eiterzellen getrennt quantitativ analysirt. Der noch ganz frische Eiter stammte von zwei Congestionsabscessen. Es wurden gefunden in 100 Thln.:

	Eiterserum I.	Eiterserum II.
Wasser	91·370	90·565
Feste Stoffe	8·630	9·435
Eiweisskörper	6·323	7·721
Lecithin	0·150	0·056
Fette	0·026	0·029
Cholesterin	0·053	0·087
Alkoholextractivstoffe	0·152	0·073
Wasserextractivstoffe	1·153	0·692
Anorg. Salze	0·773	0·777
Chlornatrium	0·522	0·539
Natriumsulfat	0·040	0·031
Natriumphosphat	0·098	0·046
Natriumcarbonat	0·049	0·113
Calciumphosphat	0·049	0·031
Magnesiumphosphat	0·019	0·012
Phosphorsäure (zu viel gefunden)	—	0·005
	0·773	0·777

Eiterkörperchen.

100 Thle. feste organische Stoffe derselben enthielten:

	I.	II.
Eiweisskörper	13·726 } = 68·95	67·369
Nucleïn	34·257	
Unlösl. Stoffe	20·566	
Lecithin	14·383	7·564
Fette		7·500
Cholesterin	7·400	7·284
Cerebrin	5·199	10·284
Extractivstoffe	4·433	
	100·000	100·000

Von den Eiterkörperchen II. wurde auch die Asche untersucht und für 100 Gewthle. organischer Substanz gefunden:

Chlornatrium	0·435
Natrium	0·068
Kalium	Spur
Calciumphosphat	0·205
Magnesiumphosphat	0·113
Eisenphosphat	0·106
Phosphorsäure	0·916

Die grosse Quantität der freien Phosphorsäure gehörte nicht dem Lecithin an, denn dies war vor dem Trocknen mit Aether und Alkohol entfernt. Sie muss daher auf das Nucleïn bezogen werden.

Gase des Eiters.

Quantitative Analysen über Eitergase liegen von C. A. Ewald und Hüfner vor. Nach des Ersteren Analysen bestehen dieselben vorwiegend aus Kohlensäure und zwar aus locker gebundener, die im Eiterserum enthalten ist; die fest gebundene lässt sich nur ausnahmsweise auffinden, und ist bei reinem Abscesseiter gar nicht vorhanden. Eiterzellen besitzen kein Bindungsvermögen für Kohlensäure. Bei einem acuten eitrigen Transsudate fand Ewald ausserdem 4·2 Proc. Wasserstoff, 6·25 Proc. Grubengas und Spuren von Schwefelwasserstoff.

IV. Chemie der Milch.

Literatur: Handwörterb. der Physiol. Artikel Milch (Scherer). — Ludwig: Lehrb. der Physiologie 2te Aufl. 2ter Bd. S. 449. — Moleschott: Physiologie der Nahrungsmittel. Giessen 1859. — F. C. Knapp: Die Nahrungsmittel. Braunschweig 1848. — Lehmann: Zoochemie. Heidelberg 1858. S. 252. — Becquerel u. Vernois: Compt. rend. T. XXXVI, p. 188. Ann. d'Hygiène publ. Avril 1857. L'Union 1857. S. 26. — Bödeker u. Struckmann: Ann. d. Chem. u. Pharm. XCVII, S. 150. — Wicke: ebenda. XCVIII, S. 124. — v. Gorup-Besanez: Arch. f. phys. Heilkunde. Jahrg. VIII, S. 717. — Dumas: Compt. rend. XXI, p. 708. — Bensch: Ann. d. Chem. u. Pharm. LXI, S. 221. — Ssubotin: Centralbl. f. d. med. Wissensch. Nr. 22. 1866. Arch. f. path. Anat. XXXVI, 561. — Derselbe: Zeitschr. f. rat. Med. XXXIII, 64. — Kemmerich: ebenda. Nr. 30. 1866. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. Nro. 27. Arch. f. Physiol. II, 401. — Heynsius: Bijdrage tot de kennis van de melkafscheiding. Nederl. Lancet V, 603. — Joly u. Filhol: Recherches sur le lait. Mém. de l'acad. r. de Belg. Bruxelles 1856. Compt. rend. 1858. T. II, p. 1013. — Hoppe-Seyler: Arch. f. path. Anat. Bd. XVII, S. 417. — A. Müller: Journ. f. prakt. Chem. LXXXVIII, 234; XC, 351. — Blondeau: Ann. de Chim. et de Phys. 1864. I, 206. — Millon u. Commaille: Compt. rend. 1864. II, 396. 301. — Hoppe-Seyler: Handb. der physiol. u. path. chem. Analyse. 4te Aufl. — Lefort: Compt. rend. 1866. I, S. 190. — A. Vogel: Münch. akad. Sitzungsber. 1867. I, S. 294. — Tidy: Clinical lectures and reports of the London Hospital IV, 1867/68, p. 77. — Fleischmann: Landwirthsch. Versuchsstat. 1871, S. 194. — Bogomoloff: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1871, S. 625. — Kehrer: ebenda 1870. Nro. 55. — Alb. Müller, Landwirthsch. Versuchsstat. IX, 1867, S. 37. 120. — Schwalbe: Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1872, S. 286. — Tolmatscheff: Med. chem. Unters. v. H. S. II. 272. — Stahlberg: Der Kumys, seine physiol. u. therap. Wirkungen. Petersburg 1869. — Dragendorff: Chem. Centralbl. 1867, S. 78. — Lintner: Buchn. N. Repert. der Pharm. XV, 31. — Cameron: Journ. de Chim. méd. VI, 381. — Gunning: Chem. Centralbl. 1871, S. 149. — Setschenow: Zeitschr. f. rat. Med. (3) X, 1861, S. 285. — Pflüger: Arch. f. Physiol. II, 166. — Kühn: Preuss. landwirthsch. Ann. 1869. Wochenbl. Nro. 38. — Derselbe: Chem. Centralbl. 1869, S. 6. Landwirthschaftl. Versuchsstat. 1868. X, S. 418. — J. Lehmann: Zeitschr. d. landwirthsch. Ver. in Baiern 1870. Juli. Sächs. landwirthsch. Amtsbl. 1869. Nr. 1. — Stohmann: Journ. f. Landwirthsch. 1868. III, S. 135. Ann. d. Landwirthsch. XXVI, 226. — Derselbe: Zeitschr. des landwirthschaftl. Ver. der Prov. Sachsen 1869, S. 328. Zeitschr. f. Biologie VI, 204. — Decaisne: Gaz. méd. de Paris 1871, S. 317. — Herbst: Journ. f. Landwirthsch. 1867, S. 228. —

v. Amsberg: Oekon. Fortschr. v. Zöller. II, 145. — Voit: Zeitschr. f. Biologie V, 79. — Bistrow: Arch. f. path. Anat. XLV, 98. — Weiske: Preuss. Ann. d. Landwirthsch. 1871. Wochenbl. Nr. 36. — Zahn: Arch. f. Physiol. II, 598. — Dähnhardt: Arch. f. Physiol. III, 586. — Suter-Näf: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. V, S. 286. — Biedert: Ueber die chem. Unterschiede der Menschen- u. Kuhmilch. Dissert. Giessen. 1869. — Derselbe: Arch. f. path. Anat. LX, (1874), S. 352. — Sinéty: Arch. de physiologie 1874, p. 479. — Al. Schmidt: ein Beitrag zur Keuntniss der Milch. Dorpat. 1874. — C. Hammarsten: Upsala laekare foerenings förhandlingar. IX, 363. 452. — Maly: Ber. über Thierchemie. 1874, S. 135. — Bunge: Zeitschr. f. Biologie X. 295. — Al. Schmidt: Arch. f. Physiol. XI, 1. — Kahler: Prag. Vierteljahrssch. LXXVII, 39. — Al. Langgaard: Arch. f. path. Anat. LXV, 1. — Nencki: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VIII, 1046. — Liebermann: Sitzber. d. Wiener Akad. d. W. LXXII, 2. Juni. — Al. Schmidt: Arch. f. Physiol. XIII, 93. — Biel: Unters. über den Kumys. Wien. 1874. — Schröder: Milchzeitung 1874, S. 629. — G. Kühn: Journ. f. Landwirthsch. 1874, S. 168. 295. — Derselbe: Sächs. landwirthsch. Zeitschr. 1875, S. 155. — Kreusler: Preuss. landwirthsch. Jahrb. 1875, S. 249. — C. Hammarsten: Nordiskt medicinsk Ark. VIII, Nr. 10, und Maly: Ber. über Thierchem. 1876. — Munk: Verhandl. der physiol. Ges. in Berlin. 1877. Nr. 19. — Gusserow: Monatschr. f. Geburtskunde XX. (1862), S. 19. — Soxhlet: Landwirthsch. Versuchsstation. XIX, 1876. — Kirchner: Beitrag zur Kenntniss der Kuhmilch etc. Dresden 1877. — Schukoffsky: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. V. (1872), S. 75. — Derselbe: Zeitschr. f. Biol. IX, (1873), S. 432. — Th. Brunner: Arch. f. Physiol. VII. (1873), S. 440. — Constantinus Makris: Studien über die Eiweisskörper der Frauen- und Kuhmilch. Dissert. Strassburg 1876. — G. Christenn: Vergl. Unters. über die gegenwärtigen Methoden der Analyse der Milch. Dissert. Erlangen 1876. — E. Wein: Ueber die im Butterfett enthaltenen Fettsäuren. Dissert. Erlangen 1876. — Puls: Arch. f. Physiol. XIII, 176. — Hehner: Zeitschr. f. anal. Chemie XVI, 145. — Fürstenberg: Die Milchdrüse der Kuh. Leipzig 1868. — Fleischmann: Das Molkereiwesen. Braunschweig 1875. — Derselbe: Centralbl. f. Landwirthsch. 1876, S. 192. — Martiny: Die Milch. Danzig 1871. — Ritthausen: Journ. f. prakt. Chemie. N. F. XV, 329. — Derselbe: ebenda XVI, 237. — J. Lehmann: Sitzungsber. d. München. Akad. Sitzung am 7. Juli 1877. — (Uterinmilch.) Morin: Mém. de la soc. d'hist. nat. de Genève T. IX. — E. Schlossberger: Ann. d. Chem. u. Pharm. XCVI, 68. — Gamgee: British and foreign med. chir. review. XXXIII, 1864, p. 180. (Milchproben.) — Chevallier: Dictionnaire des altérations et falsifications des substances alimentaires. 2me édition. 1858. Paris. — Chr. Müller: Anleitung zur Prüfung der Kuhmilch. Bern 1857. — Alfr. Vogel: Eine neue Milchprobe. Erlangen 1862. — Tollens: Centralbl. f. Agriculturchem. etc. VI. Jahrg. 12ter Bd. Septemberheft.

Milch.

Unter Milch versteht man bekanntlich die von den Brustdrüsen weiblicher Individuen aus der Classe der Säugethiere unter gewissen Verhältnissen abgesonderte weisse, fettreiche Flüssigkeit, welche von der Natur zur ersten Nahrung des Neugeborenen bestimmt ist.

Unter normalen Verhältnissen wird die Milch nur zur Zeit der Geburt abgesondert, und erst am vierten bis fünften Tage nach der Geburt fängt die Secretion wirklich ausgebildeter Milch an. Vor der Geburt wird eine Flüssigkeit abgesondert, die sich von der Milch in mehreren Punkten unterscheidet (Colostrum). Sowie die Zusammensetzung

des Harns durch mannigfache physiologische und pathologische Verhältnisse modificirt wird, so ist auch die Beschaffenheit der Milch von den verschiedensten äusseren Umständen abhängig.

Die Bestandtheile der Milch, sowie ihre physikalischen Charaktere sind bei allen Säugethieren im Wesentlichen dieselben und die Unterschiede zwischen den einzelnen Milchsorten sind theils quantitative, theils mehr unwesentliche, auf Geschmack, Geruch und Farbennüancen bezügliche.

Physikalische Charaktere.

Physikalische Charaktere. Die Farbe der Milch ist in der Regel bläulich-weiss, rein weiss, gelblich weiss, ihr Geschmack mehr oder minder angenehm süsslich, ihr Geruch eigenthümlich, aber gewöhnlich nicht unangenehm. Die Milch ist vollkommen undurchsichtig, welche Eigenschaft von den in ihr suspendirten Butterkügelchen abhängt, von wässerig-öliger Consistenz und einem specifischen Gewichte, welches zwischen 1·018 bis 1·045 schwanken kann. Ueberlässt man frische Milch sich selbst, so bildet sich nach einigem Stehen an ihrer Oberfläche eine mehr oder minder mächtige gelbliche Schicht: der sogenannte Rahm, welcher aus den Butterkügelchen besteht, die wegen ihres geringen specifischen Gewichtes an die Oberfläche steigen und sich hier ansammeln. Die unter dem Rahm befindliche Flüssigkeit besitzt eine mehr wässerige Consistenz und eine bläuliche Farbe.

Sowie das Blut ist auch die Milch eine emulsive Flüssigkeit, in welcher einige Bestandtheile im gelösten Zustande vorhanden sind, während die sogenannten Milch- oder Butterkügelchen, darin suspendirt, der Milch die ihr eigenthümliche Färbung und Undurchsichtigkeit verleihen.

Funke: Atl., 2. Ausg. T. XV., Fig. 1.

Anatomische Charaktere.

Anatomische Charaktere. Anatomisch betrachtet, erscheint die Milch als eine Lösung gewisser Stoffe in Wasser, die durch unzählige darin suspendirte Formelemente undurchsichtig wird, während sie ohne diese Formelemente eine farblose Flüssigkeit darstellen würde. Diese Formelemente sind:

a. Die Milchkügelchen. Stark lichtbrechende, mehr oder weniger sphärische mikroskopische Gebilde.

b. Die Colostrumkörperchen. Kugelige Gebilde von 0·00667 bis 0·025''' Durchmesser, welche aus Conglomeraten von Fettkügelchen, vereinigt durch ein Bindemittel bestehen. Man bemerkt zuweilen eine Hülle und im Inneren des Fetthäufchens noch einen Kern. Die Colostrumkörperchen finden sich besonders reichlich im Colostrum: der ersten Brustdrüsensecretion Gebärender bis zum dritten bis vierten Tage nach der Geburt, sie finden sich aber auch noch in der später secernirten wirklichen Milch.

c. Epithelialzellen (selten und der Milch nicht wesentlich).

Mikroskopische Abbildungen der Milch und des Colostrums bei Funke: Atlas, 2. Ausg. Taf. XV, Fig. 1 und 2.

Chemische Bestandtheile der Milch.

Normale und constante Bestandtheile der Milch.

Chemische Bestandtheile.

Wasser, Caseïn, Serumalbumin, Milchzucker, Glyceride (Fette der Milchkügelchen), Milchsäure? Harnstoff (wenigstens in der Frauen- und Kuhmilch, wie es scheint, constant), Extractivstoffe, anorganische Salze: Chlornatrium, Chlorkalium, phosphorsaure Alkalien, Calcium- und Magnesiumsulfat, kohlensaures Alkali (in der Asche), Spuren von Eisen, Fluormetallen und Kieselerde. Gase: Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff.

Ein von Millon und Commaille als Lactoproteïn bezeichneter Milchbestandtheil ist nach Hoppe-Seyler kein eigenthümlicher Körper, sondern ein Gemenge von Albumin und Caseïn, während es Ssubotin für ein peptonartiges Product des Untersuchungsverfahrens zu halten geneigt ist, und Hammarsten es nach seinen Untersuchungen als ein Gemenge von Caseïn, Serumalbumin und Peptonen betrachtet. Ueber ein von Milchzucker verschiedenes Kohlehydrat in der Milch hat Ritthausen vorläufige Angaben gemacht.

Nicht constante und abnorme Bestandtheile der Milch.

Milchsäure (bei der Milchgährung), Hämatin, Gallenfarbstoff, Harnstoff, Mucin.

Als abnorme, nur unter pathologischen Verhältnissen auftretende morphologische Bestandtheile hat man nachgewiesen:

Schleimkörperchen, Blutkörperchen, Eiterkörperchen, Faserstoffgerinnsel (bei bluthaltender Milch), Infusorien und niedere pflanzliche Organisationen: Vibrio cyanogenëus und Byssus (blaue Milch).

Von aussen eingeführt, sollen sich Jodkalium, Jod, die Salze von Eisen, Zink, Quecksilber, Blei, Wismuth, Arsen, Antimon, die ätherischen Oele des Knoblauchs und der Cruciferen überhaupt, des Anis und Wermuths, Indigo und Riechstoffe in der Milch wiederfinden. Tidy konnte jedoch während des eine Woche fortgesetzten Gebrauches von Jodkalium, Ferrocyankalium, Magnesiumsulfat, Sublimat niemals diese Stoffe als solche in der Milch nachweisen, und Kahler konnte ebensowenig Quecksilber in der Milch während der Inunctionscur nachweisen.

Chemische Bestandtheile der Milchkügelchen.

Chemische Bestandtheile der Milchkügelchen.

Darüber, dass die Milchkügelchen sämmtliches Fett der Milch enthalten, ist man vollkommen einig; ob sie aber ausschliesslich aus Fett bestehen, ist eine noch immer nicht endgültig entschiedene Frage. Auf Grund gewisser, theils mikro- theils makrochemischer Befunde und allgemeiner physikalisch-mechanischer Erwägungen, unter anderen über die Butterbildung, glaubte man annehmen zu sollen, dass die Milchkügelchen von einer äusserst zarten, aus einem Eiweisskörper bestehenden Hüllenmembran umgeben seien, und blieb diese Theorie, die eine Reihe von Erscheinungen befriedigend erklärte, wenn auch von Zeit zu Zeit bestritten, lange die herrschende. Die wesentlichsten Gründe, welche man für das Vorhandensein einer Hüllenmembran geltend machte, waren folgende: Behandelt man Milch unter dem Mikroskope mit Essigsäure, so sieht man die Milchkügelchen sich vielfach verzerren und häufig kleinere diffuse Fetttröpfchen daraus austreten; bei Zusatz von mehr Essigsäure fliessen die Milchkügelchen ineinander und vereinigen sich zu grossen Tropfen, die ganz wie unregelmässig zerflossenes Fett aussehen[1]. Die Deutung dieser Beobachtung liegt nahe: durch die Hüllenmembran wird das Fett des Milchkügelchens gehindert, sich diffus zu verbreiten und zu grösseren Tropfen zu vereinigen. Wird aber die Hüllenmembran durch die Essigsäure gelöst, so tritt das Fett aus und fliesst zusammen. Schüttelt man die Milch mit Aether, so verliert sie ihre emulsive Beschaffenheit nicht, und der Aether nimmt gar kein oder nur wenig Fett auf; setzt man aber der Milch etwas Aetzkali zu und schüttelt dann mit Aether, so nimmt dieser nahezu alles Fett auf, und die untenstehende Milchschicht wird durchsichtig, fast wasserhell. Die Annahme einer Hüllenmembran fände auch in diesem Verhalten eine sehr ungezwungene Erklärung. Die Hüllenmembran verhindert die Einwirkung des Aethers auf das darin eingeschlossene Fett, nach ihrer Auflösung durch das zugesetzte Kali nimmt dann der Aether das Fett auf. Ebenso verhält sich die Milch, wenn sie mit etwas Essigsäure versetzt, mit Aether geschüttelt wird, indem auch die Essigsäure die Hüllenmembran lösen würde, und der Aether dann das Fett aufnimmt. Die Gegenwart einer Hüllenmembran wurde ausserdem aus mikrochemischen (Schwalbe) und aus mechanisch-physikalischen Gründen (Brücke, Hoppe-Seyler, Fleischmann) gefolgert, und endlich auch die Butterbildung dafür geltend gemacht. Die Operation des Butterns würde zur Folge haben, dass auf mechanischem Wege die Hüllenmembranen der Kügelchen zerrissen würden, wo sich dann ihr Inhalt mit einem Theil unzerstörter Milchkügelchen zur Butter ver-

Gründe für die Annahme einer Hüllenmembran.

[1] Henle: Froriep's Notizen 1839. Nr. 223.

einigte. Für diese Butterungstheorie trat auch vom Standpunkte der Praxis A. Müller ein, der hervorhob, dass die sogenannte süsse Milchgährung in einer allmählichen Auflösung der Membranen der Milchkügelchen bestehe. Nach 36stündigem Stehen der Milch bei mittlerer Temperatur ist dieser Vorgang beendigt, und Aether nimmt nun über 90 Proc. des frei gewordenen Milchfettes beim Schütteln mit Aether auf.

Gründe dagegen.

Gegen eine Hüllenmembran sind jedoch in jüngster Zeit verschiedene Beobachter mit mehr oder minder grosser Entschiedenheit aufgetreten (Bogomoloff, Kehrer, Kreusler), am entschiedensten aber Soxhlet, der auf Grund seiner Versuche nicht nur die Existenz jeder selbständigen Hüllenmembran, sondern auch jeder durch Adhäsionserscheinungen bewirkten Pseudomembran leugnet. Obgleich nicht alle von ihm für seine Ansicht vorgebrachten Gründe von gleicher Beweiskraft sind, so wird durch sie gleichwohl die ältere Theorie wesentlich erschüttert. Soxhlet nimmt mit Hammarsten, J. Lehmann u. A. an, dass sich das Caseïn in der Milch überhaupt nicht im Zustande wahrer Lösung, sondern nur im höchst gequollenen Zustande befinde und so das Emulgens der Milchfette darstelle und erklärt die Thatsache, dass Aether erst nach vorherigem Zusatze von Kalilauge oder Essigsäure das Fett der Milch aufnehme, daraus, dass durch Kali und durch Essigsäure der Emulsionszustand der Milch geändert werde, und dadurch die Milchfette dem Aether zugänglich würden. Von besonderem Werthe ist folgende Beobachtung Soxhlet's: Versetzte er Milch mit etwas Kalilauge, und schüttelte sie statt mit Aether mit Benzol oder Chloroform, so hellte sich die untere Milchschichte nicht auf, und ein Tropfen davon zeigte unter dem Mikroskope die unzerstörten Milchkügelchen in normaler Zahl, während in der mit Kalilauge und Aether geschüttelten Milchprobe in der unteren Flüssigkeitsschicht, welche ihr milchiges Ansehen völlig verloren hatte, sich durch das Mikroskop keine Milchkügelchen mehr nachweisen liessen. Da Chloroform und Benzol ebenso geeignete Fettlösungsmittel wie der Aether sind, so muss die Wirkung bei Anwendung des Aethers in einer specifischen Wirkung des Kalis und des Aethers begründet sein, wahrscheinlich ist es eine durch Wasserentziehung bewirkte Schrumpfung des Caseïns. Versetzte Soxhlet Milch mit so wenig Essigsäure, dass noch keine Fällung eintrat, und brachte sie dann durch Einleiten von Kohlensäure zum Gerinnen, so liess sich ihr dann durch Aether sämmtliches Fett entziehen. Da die Kohlensäure kein Lösungsmittel für Eiweisskörper ist, so kann hier die Wirkung ebenfalls nicht der Auflösung einer Hüllenmembran zugeschrieben werden, sondern ist auf die Aufhebung der emulsiven Beschaffenheit der Milch zurückzuführen.

Den Butterungsprocess erklärt Soxhlet ebenfalls in einer von der bisherigen Theorie abweichenden Weise. Er nimmt an, dass die Milchkügelchen in der Milch bei einer Temperatur, bei der das Butterfett an und für sich schon starr ist, sich noch im flüssigen Zustande befinden (ähnlich wie unter 0^0 erkaltetes Wasser flüssig bleiben kann). Der Process

des Butterns beruhe nun darauf, dass die Milchkügelchen durch die mit dem Buttern verbundene Erschütterung aus dem flüssigen in den starren Aggregatzustand übergehen. Dafür macht er geltend, dass die Butterbildung plötzlich erfolgt, und dass Milch, die vorher gefroren war, und dann wieder auf die gleiche Temperatur mit einer nicht gefrorenen Milchprobe gebracht ist, schneller Butter liefert, als diese.

Die Fette der Kuhmilch sind von Chevreul, W. Heintz und E. Wein untersucht. Sie bestehen aus den Triglyceriden der Stearinsäure, Palmitinsäure, Myristinsäure, Oelsäure, Arachinsäure (Butinsäure), Caprinsäure, Caprylsäure, Capronsäure und Buttersäure (normale nach Grünzweig und Wein). Wein fand ausserdem etwas Essigsäure und Ameisensäure. Die früher vielfach angenommene Ansicht, dass die flüchtigen Säuren der Butter als Zersetzungsproducte der nichtflüchtigen durch das Ranzigwerden aufzufassen seien, ist gegenüber der von Hehner gemachten Beobachtung, dass die Menge der flüchtigen Fettsäuren eine sehr constante ist, nicht länger haltbar.

Allgemeines chemisches Verhalten der Milch.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Die Milch reagirt bald alkalisch, bald neutral und bald sauer; bald endlich alkalisch und sauer zugleich (amphoter). Die Kuhmilch reagirt häufig amphoter, doch auch zuweilen nur alkalisch oder nur sauer. Ebenso jene der Ziegen; die Milch der Frau reagirt normal stets alkalisch; die der Fleischfresser, wie es scheint, immer sauer.

Beim Kochen überzieht sich die Milch mit einer weissen Haut: der Milchhaut, die weggenommen sich beständig wieder erneuert. Sie besteht aus unlöslich gewordenem Caseïn und ihre Bildung ist ganz unabhängig vom Zutritte der atmosphärischen Luft und des Sauerstoffs. Der Grund derselben scheint in der an der Oberfläche der Milch rascher erfolgenden Verdunstung zu liegen, die schneller erfolgt, als die Diffusion von Statten gehen kann.

Lässt man frische Milch durch thierische Membranen transsudiren, so erhält man schwach opalisirende Flüssigkeiten, welche beim Erhitzen auf 70° bis 75° C. in Flocken gerinnen, demnach Albumin enthalten. Aehnlich wirkt unter Umständen die Filtration der Milch durch Thonzellen (Zahn). Vgl. übrigens S. 120.

Milchgerinnung,

Milchgerinnung. Die Milch gerinnt durch Zusatz von anorganischen und organischen Säuren, länger sich selbst überlassen von selbst, endlich durch Lab: die Schleimhaut des vierten Kälbermagens. Die Gerinnung beruht stets auf einer Ausscheidung des Caseïns, die Art aber, auf welche dieselbe zu Stande kommt, ist eine verschiedene.

a) durch Säuren.

a) Gerinnung durch Säuren. Die Milch wird durch alle Säuren coagulirt; mehrere Säuren, insbesondere Essigsäure und Weinsäure lösen

jedoch im Ueberschusse zugesetzt den entstandenen Niederschlag von Caseïn wieder auf. Alle diese Niederschläge entstehen aber nur dann, wenn die Säure in einem gewissen Verhältnisse hinzukommt. Bei Zusatz von wenig Säure, wenn auch schon die Milch dadurch saure Reaction annimmt, tritt keine Fällung ein; erst wenn das in der Milch enthaltene neutrale Alkaliphosphat in das saure umgewandelt ist, scheidet sich das Caseïn aus. Durch die Säure wird ausserdem dem Caseïn Calciumphosphat entzogen, welches zu seiner Lösung nöthig ist (Hammarsten, Al. Schmidt).

b) spontane,

b) Spontane Milchgerinnung. Ueberlässt man frische Milch an einem ruhigen Orte längere Zeit sich selbst, so findet das sogenannte Dickwerden derselben statt. Bei dieser von selbst erfolgenden Coagulation scheidet sich die Milch in eine gallertige leberartige Masse, die im Wesentlichen aus unlöslich gewordenem Caseïn und Fett besteht und in eine grünliche dünne opalisirende saure Flüssigkeit: die Molken (saure Molken). Die Molken enthalten den grössten Theil der Salze der Milch, Milchsäure, Milchzucker, etwas Fett und einen Eiweisskörper (sogenannten Zieger). Die spontane Milchgerinnung ist Folge der Spaltung des Milchzuckers in Milchsäure durch ein milchsäurebildendes Ferment, welches durch Alkohol fällbar ist, und da es durch Kochen in seiner Wirkung wenig geschwächt wird, sich aus einer in der Milch enthaltenen Muttersubstanz fortwährend neu bildet. Die Coagulation des Caseïns tritt ein, sobald die gebildete Milchsäure das neutrale Alkaliphosphat in das saure übergeführt und dem Caseïn das Calciumphosphat entzogen hat. Das durch Alkohol gefällte Milchsäureferment, in Wasser gelöst, bringt Milchzuckerlösungen rasch zur Säuerung (Al. Schmidt).

c) durch Lab.

c) Milchgerinnung durch Lab. Die Milchgerinnung durch Lab ist ein von der spontanen Gerinnung ganz verschiedener Vorgang. Dieselbe erfolgt auch bei alkalischer Reaction und ist mithin von Milchsäurebildung unabhängig (Heintz, Al. Schmidt). Sie ist abhängig von einem Fermente der Labmagenschleimhaut, welches das Caseïn in wenigstens zwei neue Eiweisskörper spaltet, von welchen der eine (Käse) schwer löslich, der andere (Molkeneiweiss) leicht löslich ist (Hammarsten).

Der erstere (Käse) zeigt von dem durch spontane Gerinnung ausgeschiedenen Caseïn mehrfache Unterschiede. Er zeigt geringere Löslichkeit in Natronlauge und Essigsäure und besitzt geringeres Lösungsvermögen für Calciumphosphat. Die Lösung des Caseïns in Kalkwasser kann durch vorsichtigen Zusatz von verdünnter Phosphorsäure zu einer milchigen Flüssigkeit neutralisirt werden, ohne dass ein bleibender Niederschlag entsteht, während aus der Lösung des Käses in Kalkwasser Phosphorsäure sofort einen bleibenden Niederschlag fällt. Käse enthält in der Asche nur Calciumphosphat aber keine Alkalisalze, Caseïn enthält solche; Käse ist nucleïnhaltig, Caseïn nicht. Die Gerinnbarkeit des Caseïns durch Lab geht verloren, wenn man selbes mit einer Säure niederschlägt, und den

Niederschlag nach dem Auswaschen in der geringsten Menge verdünnten Alkalis löst. Auch dann findet Gerinnung mit Lab nicht mehr statt, wenn man genau mit Phosphorsäure neutralisirt. Dies soll darauf beruhen, dass bei dem Ausfällen des Caseïns mit einer Säure eine für das Gerinnen mit Lab nothwendige Substanz in die Molken übergeht. Beim Erhitzen der Caseïnlösung wird diese Substanz mitgefällt. Dass die Gerinnung durch Lab von der Gegenwart des Milchzuckers und von Milchsäurebildung unabhängig ist, ergiebt sich daraus, dass sie auch in der durch Dialyse von Milchzucker befreiten Milch, sowie in Lösungen von reinem Caseïn-Natron eintritt. Wesentlich betheiligt bei dem Vorgange ist eine gewisse Menge Calciumphosphat. Ohne Kalk kommt eine normale Käsebildung nicht zu Stande (Hammarsten, Al. Schmidt). Nach Al. Schmidt enthält die Labmagenschleimhaut allerdings auch ein milchsäurebildendes Ferment, welches aber, da es sehr langsam wirkt, bei dem Vorgange der Labgerinnung nicht in Betracht kommt.

Die spontane Gerinnung der Milch kann durch Zusatz von 1 Tropfen ätherischen Senföls auf 20 ccm Milch (Schwalbe, Vogel, Kirchner) durch Salicylsäure (Kolbe, Kirchner) und durch Glycerin verzögert werden (J. Munk). Zusatz von $^1/_{5000}$ Salicylsäure genügt, um bei + 15° die Milch acht Tage lang süss zu erhalten. Aehnlich wirken Zusätze von Natriumbicarbonat, und zwar nicht in Folge der Abstumpfung der bereits gebildeten Milchsäure, sondern in Folge einer specifischen Wirkung freier Kohlensäure (A. Müller). Befreit man den Auszug aus der Schleimhaut des Labmagens von allen löslichen Salzen durch Dialyse, und in gleicher Weise Milch, so tritt beim Zusammenmischen der Flüssigkeiten bei + 17° die Caseïngerinnung momentan ein. Daraus geht hervor, dass die löslichen Salze der Milch die Gerinnung der Milch durch Lab erschweren (Al. Schmidt).

Alkali sowie Sommerwärme beschleunigen die spontane Gerinnung, d. h. die Säurebildung in der Milch.

Verhalten der Milch gegen den atmosphärischen Sauerstoff.

Wenn die Milch einige Zeit lang der Luft ausgesetzt wird, so nimmt sie Sauerstoff auf und giebt Kohlensäuregas aus. Nach den Beobachtungen von Hoppe-Seyler nimmt Milch innerhalb drei Tagen allen Sauerstoff aus einer Luft auf, deren Volumen grösser ist wie ihr eigenes. Aus einigen weiteren Beobachtungen glaubte Hoppe-Seyler den Schluss ziehen zu dürfen, dass sich unter Einwirkung der Luft aus Caseïn Fett erzeugen könne. Diese Beobachtungen standen mit den Erfahrungen Blondeau's über den chemischen Process beim Reifen der Roquefortkäse insoferne in Uebereinstimmung, als auch dieser im reifenden Käse eine bedeutende Vermehrung des Fettes auf Kosten des in gleichem Verhältnisse abnehmenden Caseïns constatirte (vgl. übrigens S. 174). Fortdauer der Butterbildung in der Milch nach der Entleerung aus der Drüse beobachtete auch Kemmerich. Derselbe sieht aber darin keinen physiologischen Vorgang, sondern führt ihn auf Pilzsporen zurück. Zerstört man die Pilzsporen durch Kochen und hält den Luftzutritt voll-

ständig ab, so lässt sich vielmehr eine Verminderung der Butter und der Eiweisskörper nachweisen. Auf dieselbe Quelle ist wohl auch die Zunahme des Fettes in faulendem Käse zu beziehen.

Allgemeines chemisches Verhalten der Butter.

Allgemeines chemisches Verhalten der Butter.

Bei dem Buttern der Milch oder besser des Rahms erhält man durch anhaltendes Schlagen oder Rühren die Butter. Die Milch, aus welcher durch das Buttern das Fett grösstentheils abgeschieden ist, bleibt als Buttermilch zurück; diese ist dicklich, schwach geronnen, schmeckt und reagirt schwächer oder stärker sauer und enthält Caseïn und die übrigen Bestandtheile der Milch, aber auch freie Buttersäure.

Wird die Butter bis auf etwa 60° C. erwärmt, so schmilzt sie zu einer klaren öligen Flüssigkeit, welche obenauf schwimmt, während sich darunter die in der Butter eingeschlossen gewesene wässerige Lösung der übrigen Milchbestandtheile befindet. Durch wiederholtes Waschen der abgeschiedenen Fette mit Wasser von 40° C. lassen sich dieselben von den fremden Bestandtheilen nahezu vollständig befreien. Alkohol und Aether lösen die Butter zu opalisirenden Flüssigkeiten.

Die bemerkenswertheste chemische Eigenschaft der Butter ist die, ranzig zu werden. Das Ranzigwerden beruht auf einer durch den Sauerstoff der Luft eingeleiteten Zersetzung der Glyceride, wobei das Glycerin zerstört und in Acroleïn und Ameisensäure umgesetzt wird, während die eigentlichen Fettsäuren in flüchtige Fettsäuren verwandelt werden.

Auf diese Zersetzung üben die der Butter beigemengten sonstigen Milchbestandtheile einen bestimmenden Einfluss aus; denn die durch Auswaschen und vorsichtiges Schmelzen (sogenanntes Auslassen) von diesen Stoffen befreite Butter (Schmalz) ist viel weniger geneigt, ranzig zu werden. Auch das Beimengen von hinreichend Salz verzögert in unaufgeklärter Weise die Zersetzung der Butterfette.

Durch Erhitzen mit kaustischen Alkalien wird die Butter leicht verseift; beim Zersetzen der Seife durch Säuren scheiden sich die nichtflüchtigen Säuren ab, während die flüchtigen Säuren zum Theil in Wasser gelöst bleiben.

Quantitative Zusammensetzung der Milch.

Milchanalyse.

Zur quantitativen Analyse der Milch sind mehrere Methoden vorgeschlagen und in Anwendung gekommen. Wir beschreiben näher nur die Methoden von Haidlen, Vernois u. Becquerel und von Hoppe-Seyler.

Methode von Haidlen.

Nach der Methode von Haidlen wird die Milch zur Bestimmung des Wassers, der Butter, des Milchzuckers und der löslichen Salze mit einer gewogenen Menge

gebrannten und vollkommen trockenen Gypses eingedampft, wobei der Gypszusatz den Zweck hat, das Trocknen und Pulvern des Rückstandes zu erleichtern und gleichzeitig das Caseïn unlöslich zu machen. Man trocknet den Rückstand im Luftbade bei 100° C., und erfährt so nach Abzug des Gypses den Gehalt der Milch an festen Stoffen und an Wasser. Durch Erschöpfen des gepulverten Rückstandes mit Aether und Zurückwägen desselben, oder Abdampfen der ätherischen Auszüge und Wägung derselben erfährt man das Gewicht der Butter. Extrahirt man den entfetteten Rückstand mit Alkohol von 85 Proc., so lange derselbe noch etwas aufnimmt und wägt den Rückstand zurück, so giebt der Gewichtsverlust, welchen derselbe durch die Extraction mit Alkohol erfahren hat, das Gewicht des Milchzuckers und der löslichen Salze an. Das was nach der Extraction mit Weingeist noch zurückbleibt, ist Caseïn, Gyps und unlösliche Salze der Milch. Zieht man von dem Gewichte dieses Rückstandes das Gewicht des in ihm enthaltenen Gypses ab, so erhält man das Gewicht des Caseïns und der unlöslichen Salze.

Methode von Vernois und Becquerel.

Vernois und Becquerel bestimmen Wasser, feste Stoffe und anorganische Salze, indem sie eine gewogene Quantität Milch im Wasserbade abdampfen, und den Rückstand im Vacuo über Schwefelsäure vollständig trocknen. Der gewogene Rückstand ist gleich den festen Stoffen; die Menge des Wassers ergiebt sich aus dem Gewichtsverluste. Durch Einäschern des Milchrückstandes und Wägen der erhaltenen Asche erhält man die anorganischen Salze. Zur Bestimmung der Butter wird eine gewogene Menge des fein gepulverten Milchrückstandes so lange mit Aether digerirt, als dieser noch etwas aufnimmt. Durch Zurückwägen des extrahirten Rückstandes, oder Verdampfen der ätherischen Auszüge und Wägung der Rückstände der letzteren erhält man das Gewicht der Butter. Das Caseïn wird aus der Milch durch Lab oder Essigsäure gefällt und der Zuckergehalt des Filtrats durch den Polarisationsapparat bestimmt. Das Caseïn wird aus dem schliesslichen Verluste bestimmt. Der Zuckergehalt der Milch kann übrigens auch durch eine titrirte Fehling'sche Flüssigkeit bestimmt werden, wobei aber zu beachten ist, dass das Reductionsvermögen des Milchzuckers von dem des Traubenzuckers verschieden ist. 1 Aeq. Milchzucker reducirt 7 Aeq. Kupferoxyd, es müssen jedoch mindestens 3 Aeq. Kalium zugegen sein.

Methode von Hoppe-Seyler.

Die Eigenthümlichkeit der Methode von Hoppe-Seyler beschränkt sich auf die Bestimmung des Caseïns, Fettes und des Albumins. 20 ccm Milch werden mit Wasser bis zum Gesammtvolum von 400 ccm verdünnt, so lange sehr verdünnte Essigsäure hinzugefügt, bis sich eine flockige Fällung zu zeigen beginnt, und hierauf ½ Stunde lang Kohlensäure eingeleitet. Nach 12stündigem Stehen wird der Niederschlag (Caseïn + Fett) auf einem bei 100° getrockneten Filter gesammelt, ausgewaschen, bei 110° C. getrocknet und gewogen: Caseïn und Butter. Filtrat und Waschwasser erhitzt man zum Kochen, und bestimmt das ausgeschiedene Albumin, nachdem es bei 110° getrocknet ist, durch Wägung. Bestimmt man die Fette durch Ausschütteln der Milch mit Natronlauge und Aether, Abdampfen der erhaltenen Aetherauszüge und Wägen ihrer Rückstände, und zieht man von dem Gewichte des Caseïns + Fettes jenes des direct bestimmten letzteren ab, so erhält man das Gewicht des Caseïns allein. Zur Zuckerbestimmung mittelst der Fehling'schen Flüssigkeit benutzt Hoppe-Seyler die Filtrate von der Albuminbestimmung. Nach den Erfahrungen von Tolmatscheff ist jedoch Hoppe-Seyler's Methode zur Analyse der Frauenmilch nicht anwendbar.

Tolmatscheff bestimmte daher in der Frauenmilch die Eiweisskörper, indem er dieselbe mit Magnesiumsulfat sättigte, das so gefällte Caseïn abfiltrirte, mit der Salzlösung auswusch, trocknete und den Gehalt des Niederschlages an organischer Substanz feststellte. Im Filtrat wurde das Albumin in gewöhnlicher Weise bestimmt.

Methode von Brunner, Ritthausen und J. Lehmann.

Eine von Brunner in Anwendung gezogene Methode der Analyse von Frauenmilch hat sich nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Nencki, Liebermann, Makris und Christenn bezüglich der Bestimmung der Eiweisskörper als unbrauchbar erwiesen, da dabei ein Theil der Eiweisskörper stets in das Filtrat übergeht. Darin findet die Behauptung Brunner's, dass die Milch 2·3 bis 4·8 mal so viel Stickstoff enthalte, als ihrem Gehalte an Eiweisskörpern entspricht, ihre Erklärung. Wie Liebermann und Christenn nachwiesen, existiren andere stickstoffhaltige Materien ausser Eiweisskörpern in der Milch nicht. Auch fand Christenn so wie Soxhlet und Schukoffsky, dass bei der Fettbestimmung nach Hoppe-Seyler es genügt, der Milch nicht, wie Hoppe-Seyler es vorschreibt, das gleiche Volumen Kalilauge zuzusetzen, sondern nur zwei bis drei Tropfen.

Eine neue Methode der Milchanalyse hat H. Ritthausen beschrieben und ihre Brauchbarkeit durch eine Reihe vergleichender Versuche nachgewiesen. Dieselbe fusst auf der vollständigen Ausfällbarkeit sämmtlicher Eiweisskörper durch Kupferacetat oder Kupfersulfat. Zur Fällung des Caseïns etc. dient eine Auflösung von Kupfersulfat, welche im Liter 63·5 g krystallisirtes Salz enthält. Nach der Fällung ist eine solche Menge Kali- oder Natronlauge zuzusetzen, die gerade hinreicht, die angewendete Menge Kupfersalz zu zersetzen, da sonst basische Kupfersalze entstehen. Zu diesem Zwecke dient eine Kalilauge, von der 10 ccm 10 ccm der Kupferlösung entsprechen. Die Flüssigkeit darf nicht alkalisch werden. Der Niederschlag enthält ausser den an Kupfer gebundenen Eiweissstoffen das gesammte Milchfett, welches daraus durch Aether ausgezogen und quantitativ bestimmt wird. Die Bestimmung der übrigen Bestandtheile bietet nichts Eigenthümliches dar.

J. Lehmann endlich fand, dass Milch, auf gebrannte poröse Thonplatten aufgetragen, einen mittelst des Spatels leicht ablösbaren Rückstand lässt, der das Caseïn und das Fett der Milch enthält. Er schliesst hieraus, dass das Caseïn in der Milch nicht eigentlich gelöst sei und gründet darauf eine bequeme Methode der Bestimmung des Caseïns und Fettgehaltes der Milch. Die nach dieser Methode erhaltenen Resultate waren befriedigend.

Quantitative Zusammensetzung der Milch.

Ueber die quantitative Zusammensetzung der Milch des Menschen und der Säugethiere liegen zahlreiche Untersuchungen vor. Die meisten davon beziehen sich allerdings auf Kuhmilch und sind zur Aufhellung der Bedingungen der Milchproduction vom landwirthschaftlichen Standpunkte angestellt. Wir geben eine tabellarische Zusammenstellung einiger der besseren und genaueren Analysen, oder der daraus gezogenen Mittelzahlen, wobei wir uns aber vorläufig auf Frauenmilch beschränken, indem wir die Thiermilch betreffenden Angaben erst daran anschliessend geben, um so gut es angeht, die Verhältnisse beim Menschen und bei Thieren auseinander zu halten. Auch hier aber sind die Zahlen nur als ungefährer Ausdruck für die mittlere Zusammen-

setzung zu betrachten, da dieselbe unter verschiedenen rein physiologischen Bedingungen bedeutenden Schwankungen unterworfen ist, und auch durch die Verschiedenheit der analytischen Methoden mehr oder weniger beeinflusst wird.

Tolmatscheff, der gefunden hatte, dass sich das Caseïn aus der Frauenmilch nach der Hoppe-Seyler'schen Methode (durch Fällen mit Essigsäure und Kohlensäure) nicht bestimmen lässt, fällte Caseïn und Albumin gemeinschaftlich durch Alkohol, oder er fällte das Caseïn durch Magnesiumsulfat und fand so in der Milch von fünf Frauen: Eiweisskörper 1·10 bis 4·19 Proc., Butter 1·71 bis 3·18 Proc., Milchzucker 4·33 bis 6·26 Proc. In einem Falle kamen auf 1·28 Proc. Caseïn 0·34 Proc. Albumin. Den Cholesteringehalt bestimmte er bei einer Frau zu 0·0385 Proc., bei einer anderen zu 0·0252 Proc.

Brunner fand im Mittel mehrerer Analysen 1·73 Proc. Fett und 0·63 Proc. Eiweissstoffe, Zahlen, welche sich von denen seiner Vorgänger so weit entfernen, dass sie nur mit Misstrauen aufzunehmen sind, um so mehr als Brunner's Methode der Bestimmung der Eiweisskörper als ungenau erkannt ist, und jüngst erst Schukoffsky in der Frauenmilch nie weniger wie 3 Proc. Fett fand. Brunner selbst macht übrigens darauf aufmerksam, dass sich die Abweichungen seiner Analysen von denen früherer Beobachter zum Theil vielleicht durch den Umstand erklären lassen, dass bei den früheren Analysen meist bald nach der Geburt secernirte Milch analysirt wurde, während er die meisten Milchproben von Frauen nahm, die schon vor mehreren Monaten geboren hatten. Es würde demnach mit der Zeit der Secretionsdauer die Milch ärmer an Caseïn und an Fett werden. Dafür würde auch eine Beobachtung von Puls sprechen, welcher nach $10^1/_2$ monatlicher Lactation nur 0·95 Proc. Eiweisskörper fand.

Frauen-milch.

Bestandtheile für 100 Theile	Frauenmilch						
	Clemm			Vernois und Becquerel	Tidy	Christenn	Biel
	I. 4ter Tag nach der Geburt	II. 9ter Tag nach der Geburt	III. 12ter Tag nach der Geburt	Mittel aus 89 Anal.	Mittel aus 14 Anal.	Mittel aus 5 Anal.	Mittel aus 6 Anal.
Wasser	87·985	88·582	90·581	88·908	87·806	87·24	87·61
Feste Stoffe	12·015	11·418	9·419	11·092	12·193	12·75	12·39
Caseïn	3·533	3·691	2·911	3·924	3·523	1·90	2·21
Albumin	—	—	—	—	—		
Butter	4·297	3·532	3·345	2·666	4·021	4·23	3·81
Milchzucker	4·118	4·298	3·154	4·364	4·265	5·96	6·09
Anorganische Salze	0·209	0·169	0·194	0·138	0·285	0·28	0·28

Colostrum.

Eine von der eigentlichen Milch abweichende Zusammensetzung besitzt das Colostrum, die vor der Geburt und in den ersten Tagen nach derselben von den Brustdrüsen secernirte Flüssigkeit, wie nachstehende Tabelle anschaulich macht.

Bestandtheile in 100 Theilen	Colostrum der Frauen									
	Clemm						Simon nach der Geburt	Wildenstein nach der Geburt	Mittelwerthe	Mittel für 100 Theile
	4 Wochen vor der Geburt		17 Tage vor der Geburt	9 Tage vor der Geburt	24 Stund. nach der Geburt	2 Tage nach der Geburt				
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.				
Wasser	94·524	85·197	85·172	85·855	84·299	86·788	82·800	—	86·376	86·440
Feste Stoffe	5·476	14·803	14·828	14·145	15·701	13·212	17·200	—	13·624	13·560
Albumin	2·881	6·903	7·477	8·073	—	—	—	—	5·269	5·273
Caseïn	—	—	—	—	—	2·182	4·000	—		
Butter	0·707	4·130	3·024	2·347	—	4·863	5·000	—	3·345	3·347
Milchzucker	1·727	3·945	4·369	3·637	—	6·099	7·000	—	4·463	4·466
Salze	0·441	0·443	0·448	0·544	0·512	—	0·310	—	0·473	0·474
Chlorkalium	—	—	—	—	—	—	—	0·125	—	—
Chlornatrium	—	—	—	—	—	—	—	0·051	—	—
Kali	—	—	—	—	—	—	—	0·102	—	—
Kalk	—	—	—	—	—	—	—	0·090	—	—
Bittererde	—	—	—	—	—	—	—	0·004	—	—
Phosphorsäure	—	—	—	—	—	—	—	0·090	—	—
Schwefelsäure	—	—	—	—	—	—	—	0·010	—	—
Phosphorsaures Eisenoxyd	—	—	—	—	—	—	—	0·001	—	—

Für das Colostrum von Erstgebärenden und für die Milch vom 7ten bis zum 12ten Tage nach der Geburt fand Tidy nachstehende mittlere Zusammensetzung:

	Colostrum	Milch
Wasser	84·077	86·271
Feste Stoffe	15·923	13·729
Butter	5·781	5·370
Caseïn u. Albumin	3·228	2·950
Zucker	6·513	5·136
Anorganische Salze	0·335	0·223

In diesen Analysen sind Albumin und Caseïn collectiv bestimmt; es ist aber für das Colostrum ganz besonders charakteristisch, dass es nur Albumin oder viel Albumin und wenig Caseïn enthält; erst mit dem Eintritte der Geburt erscheint das Caseïn in reichlicherer Menge und schwindet in demselben Verhältnisse das Albumin.

Quantitative Zusammensetzung der Milch von Thieren.

Quantitative Zusammensetzung der Milch von Thieren.

Wegen der allgemeinen Anwendung der Milch gewisser Hausthiere als Nahrung und diätetisches Mittel erscheint es von Interesse, das Gewichtsverhältniss der einzelnen Milchbestandtheile bei den verschiedenen Milchsorten zu vergleichen. In der That liegen sehr zahlreiche derartige Untersuchungen vor, nicht nur über die Milch verschiedener Säugethiere überhaupt, sondern auch verschiedener Racen. Dies gilt namentlich für jene die allgemeinste Anwendung findende Milchgattung: die Kuhmilch. Man hat bei diesen Untersuchungen auch auf die verschiedensten physiologischen Momente eingehende Rücksicht genommen, allerdings vorzugsweise vom landwirthschaftlichen Standpunkte ausgehend, aber dabei auch Resultate erhalten, die von allgemeinerem physiologischen Interesse sind und auf die wir weiter unten noch zurückkommen werden. Immerhin aber ist zu constatiren, dass die Zusammensetzung der Milch der Thiere ebenso wie jener der Frau innerhalb sehr weiter Grenzen schwanken kann, und von den verschiedensten Lebensbedingungen auf das Auffälligste beeinflusst wird. Berücksichtigt man nun überdies, dass eigentlich nur Milchanalysen nach derselben Methode angestellt, direct vergleichbar wären, so leuchtet ein, dass nicht nur Zahlen von Einzelanalysen zu physiologischen Vergleichen nicht verwerthbar sind, sondern dass selbst Mittelzahlen aus einer Reihe von Analysen zur Vergleichung der Zusammensetzung der verschiedenen Milchsorten anzuwenden, nicht wenig Bedenkliches hat. Nachstehende Zusammenstellung, zum Theil auf das arithmetische Mittel mehr oder weniger zahlreicher Analysen, zum Theil aber auf Einzelanalysen sich beziehend, möge man daher nur als

Beispiele, keineswegs aber als allgemein gültige Werthe für das relative Gewichtsverhältniss der einzelnen Milchbestandtheile in der Milch verschiedener Thiere betrachten.

Bestandtheile für 100 Theile	Kuhmilch	Ziegenmilch	Schafsmilch	Eselsmilch	Steppenstutenmilch
Wasser	84·28	86·85	83·30	89·01	90·45
Feste Stoffe	15·72	13·52	16·60	10·99	9·55
Caseïn	3·57	2·53	5·73 (Caseïn u. Albumin)	3·57	2·53
Albumin	0·78	1·26			
Butter	6·47	4·34	6·05	1·85	1·31
Milchzucker	4·34	3·78	3·96	5·05 (Milchzucker u. Salze)	5·42
Anorganische Salze . . .	0·63	0·65	0·68		0·29

Stohmann fand bei zwei Ziegen, deren Milch durch 5 Monate von Zeit zu Zeit analysirt wurde, den Salzgehalt stets höher, wie in obiger Zusammenstellung, nämlich 0·87 bis 1·36%, Tidy dagegen ebenfalls als Mittel einer Anzahl von Analysen niedriger, nämlich 0·56%, dagegen fand er 6·59% Caseïn, demnach bedeutend mehr, als nach obiger Zusammenstellung die Kuhmilch im Mittel enthalten würde. Von allen Bestandtheilen der Milch scheint der Milchzucker den geringsten Schwankungen unterworfen zu sein. Hartier (Stahlberg) fand in der Milch einer Steppenstute 1·42%, in jener einer Arbeitsstute 2·02% Caseïn und Salze.

Zur Vervollständigung theilen wir noch nachstehende Analysen der Milch von Thieren mit:

Bestandtheile für 100 Theile	Büffelkuh Becquerel u. Vernois	Kameel Dragendorff	Schwein		Hippopotamus Gunning
			Lintner	Cameron	
Wasser	80·640	86·34	82·93	81·80	90·43
Feste Stoffe	19·360	13·66	19·07	18·20	9·57
Caseïn	4·247	3·67 (Caseïn u. Albumin)	6·89	5·30	4·40 (inclus. Milchzucker)
Albumin	1·300				
Butter	8·450	2·90	6·88	6·00	4·51
Milchzucker	4·518	5·78	2·01	6·07	—
Salze	0·845	0·66	1·29	0·83	0·11

Gasgehalt der Milch und quantitative Zusammensetzung der Milchgase.

Milchgase.

Die ersten Beobachtungen über die quantitative Zusammensetzung der von der Milch absorbirten Gase rühren von Hoppe-Seyler her und beziehen sich auf Ziegenmilch: sie ergaben, dass die Hauptmenge dieser Gase aus Kohlensäure besteht; ausserdem wurden darin Sauerstoff und Stickstoff gefunden. Da jedoch die Methode eine ziemlich unvollkommene war, so unterlassen wir es, die gefundenen Werthe anzuführen. Nach genaueren Methoden wurden später von Setschenow und neuerlichst von Pflüger die Gase der Kuhmilch analysirt und dabei nachstehende Werthe erhalten, wozu wir bemerken, dass bei den von Pflüger angestellten Versuchen die Milch direct aus dem Euter der Kuh unter vollkommenem Luftabschluss über Quecksilber aufgesammelt war.

Bestandtheile	Setschenow					
	In 100 Vol. Milch			In 100 Vol. Gas		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.
Kohlensäure .	5·65	5·01	5·65	78·25	75·12	77·51
Sauerstoff . .	0·16	0·32	} 1·64	2·22	4·79	} 22·49
Stickstoff . .	1·41	1·34		19·53	20·09	

Bestandtheile	Pflüger			
	In 100 Vol. Milch		In 100 Vol. Gas	
	I.	II.	I.	II.
Kohlensäure	7·60	7·60	90·48	89·52
Sauerstoff	0·10	0·09	1·19	1·06
Stickstoff	0·70	0·80	8·33	9·42

Wie diese Tabellen lehren, ist die Kohlensäure in der That der weitaus überwiegende Bestandtheil der Milchgase; die von Pflüger für Stickstoff und Sauerstoff erhaltenen Werthe sind übrigens beträchtlich kleiner, wie die von Setschenow. Pflüger hält die letzteren durch methodische Fehler bedingt. In den Versuchen von Pflüger wurde in

einem Versuche die Kohlensäure vollständig durch Auspumpen ausgetrieben; in dem zweiten wurde eine sehr kleine Quantität, 0·2 Proc., erst auf Phosphorsäurezusatz ausgetrieben.

Quantitative Zusammensetzung der Milchasche.

Quantitative Zusammensetzung der Milchasche.

Die wenigen genaueren Analysen über die Zusammensetzung der Milchasche von Frauen und Kühen stellen wir in Folgendem tabellarisch zusammen.

Bestandtheile für 100 Theile der Asche	Frauenmilch	Kuhmilch			
	Wildenstein	Weber		Haidlen	
		I.	II.	III.	IV.
Chlornatrium	10·73	4·74	16·23	4·89	4·43
Chlorkalium	26·33	14·18	9·49	29·38	23·86
Kali	21·44	23·46	23·77	—	—
Natron	—	6·96	—	8·57	5·86
Kalk	18·78	17·34	17·31	25·51	24·25
Bittererde	0·87	2·20	1·90	3·87	3·78
Eisenoxyd	—	0·47	0·33	—	—
Phosphorsäure . . .	19·00	28·04	29·13	26·32	25·16
Phosphors. Eisenoxyd	0·21	—	—	1·42	1·26
Schwefelsäure	2·64	0·05	1·15	—	—
Kohlensäure	—	2·50	—	—	—
Kieselerde	Spur	0·06	0·09	—	—

Diese Analysen ergeben das übereinstimmende Resultat, dass unter den anorganischen Bestandtheilen der Milch die Kalium- über die Natriumverbindungen bedeutend überwiegen und dass ausserdem in der Milchasche bedeutende Mengen von Calciumphosphat enthalten sind. Wenn man es als ausser Zweifel stehend betrachten muss, dass das Material zur Milchsecretion vom Blute geliefert wird, so erscheint es von hohem physiologischen Interesse, dass sich die Asche der Blutkörperchen in ihrer quantitativen Zusammensetzung der Asche der Milch viel mehr nähert, wie jener des Blutserums, wie nachstehende Tabelle anschaulich macht.

Bestandtheile für 100 Thle. Asche	Frauenmilch Wildenstein	Kuhmilch		Blutzellen C.Schmidt	Blutserum C.Schmidt	Blut nach Abzug des Eisens Verdeil
		Weber	Haidlen			
Natrium . . .	4·21	6·38	8·27	18·26	37·82	29·46
Kalium . . .	31·59	24·71	15·42	39·76	3·94	10·36
Chlor	19·06	14·39	16·96	18·10	43·45	37·52
Kalk	18·78	17·31				2·06
Bittererde . .	0·87	1·90	56·52	12·65	9·39	1·40
Phosphorsäure	19·00	29·13				12·33
Schwefelsäure	2·64	1·15	—	0·81	1·15	1·82
Eisenoxyd . .	0·10	0·33	0·62	—	—	—
Kieselsäure . .	Spur	0·09	—	—	—	—

Ueber das Verhältniss des Kalium-, Natrium- und Chlorgehaltes der Milch anderen Nahrungsmitteln und dem Gesammtorganismus der Säugethiere gegenüber, hat Bunge Versuche angestellt. In der Milch der Fleischfresser constatirte er ein annähernd äquivalentes Verhältniss zwischen Kalium und Natrium, in jener der Pflanzenfresser aber überwiegt das Kalium bis auf 5 Thle. Kalium zu 1 Thl. Natrium, wenn ausschliesslich Kaliumreiches Futter gegeben wird. Der Gesammtorganismus der Pflanzenfresser zeigt einen geringen Kaliumüberschuss, jener der Fleischfresser einen geringen Natriumüberschuss. Die Milch der Fleischfresser enthält Kalium und Natrium in demselben Verhältnisse, wie der saugende Gesammtorganismus, bei Pflanzenfressern überwiegt das Kalium. Nachstehende Tabelle von Bunge ausgeführte Analysen enthaltend, diene zur Erläuterung:

	Kaninchen	Hund	Katze	Hundemilch	Hundemilch	Frauenmilch	Frauenmilch	Stutenmilch	Kuhmilch
Kali	10·84	8·49	10·11	10·74	12·98	32·14	35·15	25·44	22·14
Natron	5·96	8·21	8·28	6·13	5·37	11·75	10·43	3·38	13·91
Kalk	35·02	35·84	34·11	34·44	33·03	15·67	14·79	30·09	20·05
Magnesia	2·19	1·61	1·52	1·49	1·66	2·99	2·87	3·04	2·63
Eisenoxyd	0·22	0·34	0·24	0·14	0·10	0·27	0·18	0·37	0·04
Phosphorsäure . .	41·94	39·82	40·23	37·49	36·08	21·42	21·30	31·86	24·75
Chlor	4·94	7·34	7·12	12·36	13·91	20·35	19·73	7·50	21·27

Nach Bunge ist in allen vegetabilischen Nahrungsmitteln ein bedeutender Kaliüberschuss vorhanden. Betrachtet man das Verhältniss von Kali und Natron in der Milch als das für die Ernährung geeignetste, so erfordern die vegetabilischen Nahrungsmittel einen Zusatz von Chlornatrium.

Verschiedenheiten in der quantitativen Zusammensetzung der Milch unter verschiedenen physiologischen Verhältnissen.

Verschiedenheiten der quantitativen Zusammensetzung der Milch unter physiologischen Verhältnissen.

Dass die quantitative Zusammensetzung der Milch unter verschiedenen physiologischen Bedingungen eine sehr variable ist, erscheint durch zahlreiche Untersuchungen zur Genüge constatirt. Diese Untersuchungen beziehen sich jedoch nur zum kleinsten Theile auf Frauenmilch und wurden an verschiedenen Thieren angestellt; auch ist es keineswegs gelungen, den Wirkungswerth des Einflusses, welchen verschiedene Momente auf die Zusammensetzung der Milch ausüben, mit voller Bestimmtheit überall zu eruiren. Es ist klar, dass nur da, wo der Natur der Sache nach die vergleichenden Versuche an einem und demselben Thiere angestellt werden können, den Forderungen wissenschaftlicher Kritik entsprochen werden wird; wo dies nicht geschehen oder überhaupt nicht möglich ist, müssen die erlangten Resultate um so mehr der vollen Beweiskraft entbehren, je weniger es möglich ist, unter gleichen Bedingungen zu verfahren. Wir geben daher die nachfolgenden Angaben mit allem Vorbehalt.

Einfluss des Alters.

Einfluss des Alters. Ueber diesen Factor wurden von Vernois und Becquerel Beobachtungen an Frauen angestellt. Nach diesen würde vom 20ten Lebensjahre an der Wassergehalt der Milch zu, jener an Caseïn und Butter aber abnehmen. Resultate, die wohl kaum als allgemein gültig anzusehen sind.

Einfluss der Constitution.

Einfluss der Constitution. Die hierüber angestellten Untersuchungen bei Frauen sind wenig zahlreich und widersprechen sich überdies theilweise. Nach den Versuchen von Vernois und Becquerel sollen Frauen sogenannter schwacher Constitution eine an festen Stoffen reichere Milch geben, wie Frauen robuster Constitution, deren Milch namentlich an Caseïn ärmer sein soll. In Bezug auf die Beschaffenheit der Milch von blonden und brünetten Frauen widersprechen sich die Angaben L'Héritier's und Vernois' und Becquerel's geradezu. L'Héritier analysirte die Milch zweier 22jähriger Weiber in gleichen Lebensverhältnissen, von welchen die eine blond, die andere brünett war, und fand die Milch brünetter Frauen reicher an Caseïn, Butter und Milchzucker, wie jene von Blondinen.

Vernois und Becquerel dagegen fanden in der Milch blonder und brünetter Frauen gar keine erheblichen Differenzen der Zusammen-

setzung; die Milch blonder enthielt im Widerspruche mit L'Héritier eher etwas weniger Caseïn. Tolmatscheff erhielt bei vier blonden Frauen 4·19, 2·05, 1·10 und 2·25 Proc., bei einer brünetten 2·07 Proc. Caseïn; eben so wenig Schlüsse lassen sich aus den Zahlen für die übrigen Milchbestandtheile ziehen.

Einfluss der Racen bei Thieren.

Einfluss der Racen bei Thieren. Von den hierüber angestellten Untersuchungen berühren wir nur diejenigen, welche wegen der Verwendung der betreffenden Milchsorten von physiologisch-diätetischem Interesse sind. Ueber die Milch von Kühen verschiedener Racen sind von Vernois und Becquerel, sowie von G. Kühn und J. Lehmann mehr oder weniger umfassende Untersuchungen angestellt. Wir stellen einige der erlangten Ergebnisse übersichtlich zusammen:

Kuhmilch.

In 100 Theilen	Schweiz	Tyrol	Voigtland	Steyermark	Normandie	Bretagne	Angus	Durham	Holland	Belgien	Böhmen
Wasser . . .	85·198	81·740	84·990	85·315	87·180	83·748	80·320	84·562	83·972	85·770	84·180
Feste Stoffe .	14·802	18·260	15·016	14·685	12·820	16·252	19·680	15·440	16·028	14·230	15·820
Caseïn . . .	2·256	4·198	3·764	2·263	4·218	4·650	4·562	3·246	3·487	3·150	2·852
Albumin . .	0·308	0·760	0·800	0·882	0·550	0·724	0·790	1·114	0·732	0·910	1·020
Butter . . .	7·088	7·960	5·140	6·280	3·240	5·704	9·880	6·410	6·846	6·220	6·340
Zucker . . .	4·590	4·842	4·626	4·620	4·212	4·554	3·726	3·970	4·350	3·292	4·968
Salze . . .	0·560	0·500	0·680	0·640	0·600	0·620	0·722	0·682	0·614	0·678	0·640

E. Marchand verglich die Zusammensetzung der Milch von Kühen der reinen Race der Normandie und einer gekreuzten Normandie-Durham-Race. Die Milch enthielt im Liter:

Bestandtheile	Reine Normandie-Race Grammes	Normandie-Durham-Race Grammes
Butter	56·22	52·97
Milchzucker	50·50	51·13
Caseïn	22·27	19·75
Albumin	11·37	9·46
Salze	8·09	8·01
Wasser	885·35	891·31
Gewicht von 1 Liter bei 15° C.	1038·80	1032·63

Marchand schliesst aus diesen Versuchen, dass eine Kuh der reinen Normandie-Race jährlich 340 Kilogr. Milch (entsprechend 30·76 Kilogr. Butter und 14·61 Kilogr. Caseïn) mehr liefert, als eine Kuh der gekreuzten Race.

Nach exacteren Methoden kamen G. Kühn und J. Lehmann gleichfalls zu dem Resultate, dass die Zusammensetzung der Kuhmilch am Meisten von der Race der Thiere beeinflusst wird. J. Lehmann fütterte Shorton- und Holländerkühe mit der gleichen Nahrung unter meist ganz gleichen Lebensbedingungen. Bei vollkommen gleicher Winterfütterung und Sommerfütterung enthielten 100 Pfund Milch:

	Shortons		Holländer	
	Winterfutter	Sommerfutter	Winterfutter	Sommerfutter
Butterfett	3·85	4·01	3·21	3·24
Caseïn	3·47	3·84	3·27	2·95
Milchzucker	4·91	4·93	4·62	4·83
Salze	0·75	0·74	0·73	0·68
Wasser	87·02	86·48	88·17	88·30

Es lieferten ferner Butter:

	Shortons	Holländer
100 Pfund Morgenmilch	3 Pfd. 3·6 Loth	2 Pfd. 15·7 Loth
100 „ Mittagsmilch	4 „ 11·5 „	2 „ 24·8 „
100 „ Abendmilch	4 „ — „	3 „ 15·0 „

Die Milch der Shortons erwies sich demnach bedeutend reicher an Butter und Käsestoff wie jene der Holländer, dagegen liefern die letzteren einen bedeutend höheren Milchertrag. Die Milcherträge beider Racen

verhielten sich unter gleichen Bedingungen wie 1 : 1·184. Die Mehrproduction von Seite der Holländer Kühe gleicht aber den Unterschied in den Erträgen an den einzelnen Milchbestandtheilen nicht aus, da diese Mehrproduction meist aus Wasser besteht. Liefert eine Shortonkuh 1136 Pfund Milch weniger wie eine Holländerkuh, so beträgt die Menge der darin enthaltenen Butter gleichwohl um 5 Pfd. mehr; die Menge des Käsestoffs beträgt nur 7·7 Pfd., die des Milchzuckers 39·9 Pfd. und die der Mineralstoffe 6 Pfd. weniger, als in der weit grösseren Menge Milch, welche jährlich von einer Holländerkuh geliefert wurde.

Auch über die Zusammensetzung der Milch verschiedener Ziegenracen und Schafracen liegen von Becquerel und Vernois Beobachtungen vor:

Ziegenmilch:

In 100 Theilen	Oberägyptische Race	Aus Paris und Umgegend, Mittel aus 7 Analysen	Saanen (Bern)		Schwyzer Race	Thibeter Race, Paris
Wasser	87·992	84·490	85·950	89·225	87·811	85·650
Feste Stoffe	12·008	15·510	14·050	10·775	12·189	14·350
Caseïn	2·437	5·515	2·658	2·409	2·455	2·447
Albumin	0·993		1·180	1·525	1·600	1·320
Butter	4·240	5·687	5·380	3·006	3·840	5·545
Milchzucker	3·730	3·691	4·212	3·186	3·690	4·338
Salze	0·600	0·618	0·620	0·650	0·604	0·700

Schafmilch:

In 100 Theilen	Pariser Gegend, Mittel aus 4 Analysen	Merino-Race aus Oesterreich	Englische Race Southdown Filhol et Joly
Wasser	83·232	82·400	84·20
Feste Stoffe	16·768	17·600	15·80
Caseïn, Albumin	6·978	4·502	6·50
Butter	5·131	8·288	4·00
Milchzucker	3·943	3·314	4·61
Salze	0·716	0·642	0·69

Wir verzichten darauf, diese Tabellen näher zu erörtern, die darin enthaltenen Zahlen sprechen mehr oder weniger für sich selbst; wir machen nur darauf aufmerksam, dass ein ziemlich regelmässiger Gegensatz zwischen dem Caseïn- und dem Buttergehalte der Milch besteht. Käsestoffreiche Milch ist im Allgemeinen butterarm und umgekehrt, so dass selbst die Landwirthe vielfach zwischen Käsekühen und Butterkühen unterscheiden. Dieser Gegensatz findet sich aber auch bei Frauen- und Schafmilch wieder.

Einfluss der Secretionsdauer.

Einfluss der Secretionsdauer. Dass die Zeitdauer der Milchsecretion auf ihre quantitative Zusammensetzung von Einfluss ist, ergiebt sich schon aus der bereits erörterten Verschiedenheit des vor der Geburt secernirten Colostrums und der später secernirten eigentlichen Milch. Aber auch letztere zeigt wesentliche Verschiedenheiten in den verschiedenen Secretionsperioden.

Nach den Beobachtungen von Vernois und Becquerel zeigt sich in der Frauenmilch:

Vermehrung des Caseïns bis zum zweiten Monat nach der Geburt,
Verminderung des Caseïns vom 10. bis 24. Monat nach der Geburt,
Vermehrung der Butter bis zum zweiten Monat nach der Geburt,
Verminderung der Butter im fünften bis sechsten Monat, dann im zehnten bis elften Monat nach der Geburt,
Verminderung des Zuckers im ersten Monat nach der Geburt,
Vermehrung des Zuckers vom achten bis zehnten Monat nach der Geburt,
Vermehrung der Salze in den ersten fünf Monaten,
Verminderung der Salze progressiv in den folgenden Monaten.

Einfluss des Stillens und der Entwöhnung.

L'Héritier hat zwei Analysen von Frauenmilch angestellt, die eine während der Zeit des Stillens, die andere 40 Stunden nach der Entwöhnung entzogen.

Das Resultat dieser Analysen war eine beträchtliche Abnahme des Caseïns, des Zuckers und der festen Stoffe überhaupt nach der Entwöhnung.

Bei altmilchenen Kühen fand Otto den Gehalt der Milch an festen Bestandtheilen ziemlich gleich demjenigen, der bei neumilchenen Kühen beobachtet wurde; da nun die Milch von jenen ein geringeres specifisches Gewicht zeigte, so musste sie reicher an Butter sein.

Versuche, welche Stohmann an zwei Ziegen durch 5 Monate hindurch anstellte, ergaben Folgendes: der Caseïngehalt der Milch sank anfänglich etwas, hielt sich dann einige Zeit constant, und stieg später bedeutend; er stand ferner im umgekehrten Verhältnisse zur Milchproduction. Der Buttergehalt sank im Allgemeinen mit der Zeit.

Einfluss der Tageszeiten.

Einfluss der Tageszeiten. Ueber den Einfluss der Tages- und Jahreszeiten auf die quantitative Zusammensetzung der Milch liegen nur

Versuche an Thieren, namentlich an Kühen und Ziegen, vor. Die genauesten derselben rühren von Bödecker und Struckmann und Wicke her. Sie ergaben das übereinstimmende Resultat, dass der Buttergehalt der Abendmilch bis zum Doppelten grösser ist, wie derjenige der Morgenmilch; die Thatsache ist von grosser physiologischer und diätetischer Bedeutung.

Der Gehalt an Albuminstoffen scheint diesen Versuchen zufolge in den verschiedenen Tageszeiten keinen wesentlichen Schwankungen zu unterliegen; der Gehalt an Milchzucker culminirt Mittags und sinkt gegen die Nacht zu. Aus diesen Versuchen ergiebt sich zugleich, dass das specifische Gewicht der Milch nicht zur Beurtheilung ihres Werthes dienen kann. Die diätetische Bedeutung dieser Thatsachen fällt in die Augen, wenn man bedenkt, dass 1 Pfund = 16 Unzen Morgenmilch der Kuh 0·7 Loth Butter, 1 Pfund Abendmilch desselben Thieres aber 1·7 Loth Butter repräsentirt.

Für die Ziegenmilch wurden von mir und Wicke dieselben Verhältnisse constatirt. Ich fand für die um 9 Uhr Morgens und um 6 Uhr Abends gemolkene Milch einer mit Gras und Heu gefütterten Ziege Zahlen, die einen um das Doppelte höheren Buttergehalt der Abendmilch ergeben, bei ziemlich gleichen Ziffern der übrigen Bestandtheile. Auch hier zeigte sich klar, dass das specifische Gewicht keinen Maassstab giebt für die Zusammensetzung der Milch.

Wicke fand bei seinen ausgedehnten Untersuchungen über den Einfluss der Tageszeit auf die Zusammensetzung der Ziegenmilch:

Morgenmilch . . 46·07 pr. Mille Butter (Mittel aus sieben Versuchen)
Mittagsmilch . . 41·46 „ „ „ „ „ acht „
Abendmilch . . 52·14 „ „ „ „ „ acht „

Bei Frauen soll die Milch um so wasserreicher sein, je mehr Stunden seit dem letzten Säugen verflossen sind (Reiset).

Im Sommer liefern die Kühe mehr und butterreichere Milch, wie in den Wintermonaten.

Einfluss der Milchentleerung.

Einfluss der Milchentleerung. Wird die gefüllte Mutterbrust in einer Sitzung entleert, so ist die in den verschiedenen Zeiträumen entleerte Milch ungleich reich an Caseïn, ohne dass eine bestimmte Regelmässigkeit dabei obwaltete. Auch will man die Beobachtung gemacht haben, dass die Milch caseïnreicher ist, wenn die Brustdrüse rasch hintereinander entleert wird, als wenn sie lange Zeit in der Brustdrüse verweilte (Péligot, L'Héritier).

Von der Milch, die bei einer ununterbrochenen Entleerung aus der Brustdrüse oder dem Euter fliesst, sind die zuletzt aufgefangenen Antheile constant die butterreichsten. War bei Thieren das Euter mindestens vier Stunden lang nicht entleert, und wurde dann der ausgestrichene Inhalt desselben absatzweise aufgefangen, so ist der zuletzt ab-

gezogene Theil bis zum Zehnfachen reicher an Butter, wie der zuerst gewonnene. Dies ist für Thiere durch zahlreiche Versuche, namentlich bei Kühen auf das Bestimmteste constatirt. Die einfachste Erklärung für diese Erscheinung, die auch gegenwärtig so ziemlich allgemein angenommen wird, ist, dass sich innerhalb des Euters, bei Ansammlung der Milch in selbem, Rahmbildung einstellt, daher die Butter an die Oberfläche der Flüssigkeit steigt und nun natürlich mit den letzten gemolkenen Antheilen ausfliesst. Beim Menschen scheinen sich nicht immer (Vernois und Becquerel), aber häufig ähnliche, jedoch geringere Unterschiede zu finden (Reiset, Heynsius). Für die Frauenmilch passt aber obige Erklärung nicht. Heynsius sucht hier den Grund der Erscheinung darin, dass die Bildung des Fettes in den Zellen der feineren Milchgänge erfolge. In den grösseren Gängen wird sich eine Milch von homogener Zusammensetzung ansammeln; ist aber diese ausgesogen und das Saugen dauert fort, so wird aus den feineren Gängen eine nun fettreichere Milch entfernt. Möglicherweise könnte auch die Adhäsion der Milchkügelchen an der Wand der Gänge dabei von Einfluss sein. Saugt das Kind die volle Brust völlig aus, so wird man grosse Differenzen finden, dagegen gar keine, wenn das Kind die volle Brust nur zum Theil aussaugt, so dass sich hierdurch die Inconstanz des Befundes bei Frauenmilch erklären würde (Heynsius).

In Bezug auf die übrigen Milchbestandtheile stellen sich constante Mengenverschiedenheiten nicht heraus.

Einfluss der Absonderungsgrösse.

Einfluss der Absonderungsgrösse. Nach den Beobachtungen von Vernois und Becquerel scheint auch die Menge der secernirten Milch einen bestimmten Einfluss auf ihre quantitative Zusammensetzung zu äussern.

In der Frauenmilch soll das Caseïn mit der Menge der Milch zunehmen, ebenso auch der Milchzucker, während die Butter in sparsam secernirter Milch in reichlicherer Menge enthalten ist, wie bei gesteigerter Secretion.

Bei Kühen wollen bezüglich des Caseïns Becquerel und Vernois das umgekehrte Verhältniss beobachtet haben, mehr Caseïn nämlich in sparsam abgesonderter Milch, wie in reichlich secernirter.

Einfluss des Geschlechtslebens.

Einfluss des Geschlechtslebens. Von der Regel, dass während der Zeit des Stillens die Menstruation ausbleibt, giebt es Ausnahmen, nämlich bei Erstgebährenden und das erste Mal Stillenden. Ueber den Einfluss der Menstruation auf die quantitative Zusammensetzung der Milch bei stillenden Frauen, liegen ebenfalls Beobachtungen von Becquerel und Vernois vor; obgleich die aus den angestellten Analysen gezogenen Mittelzahlen dafür sprechen, dass während der Menstruation eine Zunahme des Caseïn- und Buttergehaltes stattfinde, so sind doch für den Buttergehalt die Einzelanalysen viel zu sehr von ein-

ander abweichend, als dass der Mittelzahl grosse Bedeutung eingeräumt werden könnte. Die Einzelanalysen ergaben nämlich bald beträchtliche Vermehrung, bald beträchtliche Verminderung des Buttergehaltes.

Auch nach Roger wird übrigens die Milch während der Menstruation reicher an festen Stoffen.

Nach Becquerel und Vernois soll die Milch Erstgebährender wasserhaltiger sein, wie die Mehrgebährender. Im ersten Falle sollen Caseïn, Butter und Zucker gleichmässig vermindert sein.

In einem Falle während des Stillens eingetretener Schwangerschaft, fanden Vernois und Becquerel im Beginne derselben die Zusammensetzung der Frauenmilch unverändert, gegen das Ende derselben aber die festen Stoffe und namentlich die Butter vermehrt. In Betreff des Einflusses der Trächtigkeit auf die Zusammensetzung der Kuhmilch ergaben die Untersuchungen von Vernois und Becquerel keine constanten Verschiedenheiten.

Einfluss der Nahrung.

Einfluss der Nahrung. Der Einfluss der Art der Nahrung auf die Zusammensetzung der Milch ist jedenfalls nicht so gross, als man von vornherein erwarten sollte. Dies ergiebt sich schon aus der Thatsache, dass die zahlreichen über diese Frage von Physiologen und Landwirthen angestellten Untersuchungen unter sich vielfach im Widerspruche stehen. Bezüglich der Frauenmilch sind Beobachtungen von Vernois und Becquerel und von Decaisne bekannt. Nach den Ergebnissen derselben hat die Art der Nahrung keinen bemerkbaren Einfluss auf die Zusammensetzung, wohl aber ist das Maass der Nahrung von Bedeutung. Reichliche Nahrung veranlasst Vermehrung des Caseïns und der Butter, gleichzeitig aber auch reichlichere Secretion: länger fortgesetztes Hungern soll die Milch wasserärmer (?), kärgliche Nahrung wasserreicher machen.

Decaisne, welcher während der Belagerung von Paris Beobachtungen über die Zusammensetzung der Milch bei unvollständiger Ernährung an 43 Frauen anstellte, kam zu dem Ergebnisse, dass dieselbe zwar nach Constitution, Alter etc. variirte, im Allgemeinen aber erschienen Caseïn, Butter, Milchzucker und Salze vermindert, Albumin dagegen meist vermehrt.

Sehr zahlreiche Versuche wurden an Kühen über den Einfluss der Fütterung angestellt. Boussingault, G. Kühn und J. Lehmann kamen dabei zu dem Resultate, dass die Art der Fütterung ohne allen Einfluss auf die Zusammensetzung der Milch ist, insoferne das Verhältniss von Fett, Caseïn, Albumin und Zucker in der producirten Milch ein vom verabreichten Futter unabhängiges bleibt; dagegen lässt sich die absolute Menge der Milchbestandtheile durch die Wahl des Futters bis zu einem gewissen Grade beeinflussen; d. h. die Milchmenge ist abhängig von der Art der Nahrung. Mit diesen Sätzen im Widerspruche stehen die Ergebnisse von Beobachtungen, welche Thomson während einer

fünftägigen Periode an zwei Kühen anstellte, und denen zufolge die Menge der Milch ebensowohl wie ihr Buttergehalt mit dem Stickstoffgehalte der Nahrung zunähme. Playfair dagegen kam durch seine Versuche wieder zu ganz entgegengesetzten Schlüssen, insoferne nach ihm stickstoffarmes Futter viel und butterreiche Milch giebt und Stallfütterung ebenso wirke, während Bewegung im Freien auf armer Weide käsestoffreichere Milch liefern soll. Schliesslich möge auch noch erwähnt werden, dass nach den Erfahrungen von Kühn, Herbst und v. Amsberg Verfütterung von Palmkuchen und Palmkernmehl (die Pressrückstände von Palmfrüchten) den Buttergehalt der Kuhmilch sehr erheblich steigert, nicht aber den Milchertrag.

Auch die Versuche mit der Milch der Hündinnen bei verschiedener Art der Nahrung lieferten verschiedenen Beobachtern verschiedene Ergebnisse. Ssubotin fütterte Hündinnen mit fettfreiem Fleisch, Kartoffeln und mit Fett, und kam bei der Analyse der Milch zu nachstehenden Zahlen, die wir schon um deswillen mittheilen, weil sie als Beispiele der Zusammensetzung der Hundemilch dienen können (die analytische Methode war jene von Hoppe-Seyler).

In 100 Theilen	Fettfreies Fleisch	Kartoffel	Fett
Wasser	77·26	82·95	77·37
Feste Stoffe	22·74	10·75	22·63
Caseïn	5·20	4·25	5·92
Albumin	3·97	3·92	4·26
Butter	10·64	4·98	10·11
Milchzucker	2·49	3·42	2·15
Salze und Extractivstoffe	0·44	0·48	0·39

Es war demnach der Buttergehalt der Milch bei Ernährung mit fettfreiem Fleisch am Grössten, bei Kartoffelnahrung am Geringsten. Der Caseïngehalt verhielt sich bei den drei Ernährungsarten nach obiger Reihenfolge wie 5 : 4 : 6, der Zuckergehalt nahezu wie 4 : 5 : 3. Bei Fettfütterung nahm die Milchmenge ausserordentlich ab bis zu gänzlichem Verschwinden der Secretion. Sogar bedeutenderer Zusatz von Fett zur Fleischnahrung verminderte die Milchmenge so sehr, dass nach drei Tagen keine zur Analyse mehr hinreichende Menge erhalten werden konnte. Aehnliche Resultate erhielten Kemmerich und Voit; letzterer fand den Butter- und Zuckergehalt der Hundemilch bei Fütterung mit reinem Fleisch ebenfalls grösser, als bei einem gemischten aus Fleisch und Kohlehydraten bestehenden Futter. Dumas sah dagegen bei Hün-

dinnen Vermehrung der Butter nach vegetabilischer Nahrung eintreten ebenso Vermehrung des Milchzuckers, während bei Fleischnahrung der Milchzucker gänzlich verschwinden (Dumas), oder auf ein Minimum herabsinken sollte (Bensch). Letztere Angaben dürften gegenüber den neueren übereinstimmenden Ergebnissen von Ssubotin, Kemmerich und Voit nicht länger aufrecht zu halten sein. Voit fand den Zuckergehalt bei starker Fleischnahrung sogar am Grössten.

Bei Ziegen hinwiederum kam Stohmann zu wesentlich anderen Resultaten. Bei einem aus Heu mit Zusatz von Fett oder Stärke oder Zucker bestehenden, möglichst stickstoffarmen Futter fand er die Zusammensetzung der Milch in höherem Maasse beeinflusst von Veränderungen des Futters als bei stickstoffreichem Futter. Bei an sich ärmlicher Ernährung folgte einer Verminderung des Eiweissgehaltes des Futters eine Verminderung des Fettgehaltes der Milch, die selbst durch Zugabe von Fett nicht aufgehoben werden konnte. Im Allgemeinen verminderte fettarmes Futter den Fettgehalt der Milch, während fettreiches Futter ihn steigerte. Zusatz von Stärke erwies sich ohne Einfluss.

In den Versuchen, die Péligot bei einer Eselin mit verschiedenem Futter anstellte, blieb die Menge der Butter und des Milchzuckers (der mit Salzen und Extractivstoffen collectiv bestimmt wurde), ziemlich gleich; am meisten Caseïn enthielt die Milch bei Fütterung mit Runkelrüben, weniger bei der Fütterung mit Mohrrüben ohne Blätter, noch weniger bei der Fütterung mit Hafer und Luzerne, und am wenigsten bei der Fütterung mit Kartoffeln.

Viele Kräuter theilen ihren Geruch und Geschmack der Milch von Thieren mit. Wenn die Kühe Laucharten oder gewisse Doldenpflanzen gefressen haben, so hat die Milch auch den Geruch und Geschmack jener Pflanzen.

Einfluss von Gemüthsaffecten.

Ueber den Einfluss, welchen Gemüthsaffecte auf die Zusammensetzung der Milch ausüben, bestehen zahlreiche Erfahrungen der Aerzte, welche es ganz unzweifelhaft erscheinen lassen, dass durch heftige Gemüthsaffecte die Milch bedeutende Veränderungen erfahren könne, so zwar, dass sie auf die Gesundheit des Säuglings nachtheilig, ja sogar tödtlich wirken kann. Welcher Art aber diese Veränderungen sind, ist nicht ermittelt und es hat die Chemie, wenigstens bis jetzt, nichts beigetragen, um das hier herrschende Dunkel aufzuhellen. Die für einen Einfluss sprechenden ärztlichen Erfahrungen sind in den Handbüchern der Pathologie und Gynäkologie niedergelegt.

Qualitative Verschiedenheiten der Milch verschiedener Organismen.

Die Unterschiede in dem chemischen Bestande der Milch verschiedener Organismen sind keineswegs bloss quantitative, sondern mit Bezug auf das Caseïn auch qualitative, wie sich aus den übereinstimmenden Beobachtungen von Biedert, Langgaard und Makris ergiebt.

Das Caseïn der Frauenmilch ist grauweiss, schleimig und setzt sich als feinflockiger Niederschlag ab. Kuhmilch bildet dagegen bei der Gerinnung viel derbere Coagula. Caseïn der Frauenmilch ist leichter lös-

lich in Wasser, Säuren und Salzlösungen wie das Caseïn der Kuhmilch und wird von künstlichen Verdauungsflüssigkeiten vollkommen aufgelöst, während vom Kuhcaseïn $1/4$ ungelöst bleibt.

Das Caseïn der Stutenmilch nähert sich in seinen Eigenschaften jenem der Frauenmilch; es gerinnt in feinen Flocken, löst sich durch Säuren gefällt, im Ueberschuss der Säure wieder leicht auf und wird fast ebenso rasch verdaut, wie das Caseïn der Frauenmilch (Langgaard).

Zusammensetzungsverschiedenheiten der Milch unter pathologischen Verhältnissen.

Verschiedenheiten in der quantitativen Zusammensetzung der Milch unter pathologischen Verhältnissen.

Ueber die Veränderungen, welche die Zusammensetzung der Milch im Gefolge von Krankheiten erleidet, weiss man noch sehr wenig. Nicht nur allein sind die vorliegenden Untersuchungen noch viel zu spärlich, um zu allgemeinen Schlüssen zu berechtigen, sondern es ist überhaupt sehr fraglich, ob bei der Menge von Momenten, von denen die Zusammensetzung der Milch innerhalb der physiologischen Breitegrade abhängig ist, auch viel zahlreichere Untersuchungen wie die vorliegenden, zu erheblichen Resultaten führen würden, da das Postulat: bei derartigen Untersuchungen alle physiologischen Einflüsse zu eliminiren, kaum durchgreifend zu erfüllen sein dürfte.

Die auf die Frauenmilch bezüglichen Beobachtungen von Becquerel und Vernois ergaben für die verschiedenen Krankheiten wenig constante Zahlen, und es lassen sich so wenig Schlüsse daraus ziehen, dass wir uns damit begnügen, auf die Abhandlungen selbst zu verweisen.

Bemerkenswerth ist eine Angabe von Gusserow, dass bei Osteomalacie stillender Frauen der Gehalt der Milch an Kalk sich erheblich vermehrt zeige.

Ueber einen Fall von Frauenmilch, in welcher das Caseïn gänzlich fehlte, dagegen eine reichliche Menge gewöhnliches Albumin enthalten war, haben Filhol und Joly Beobachtungen gemacht. Die Milch stammte von einer 28jährigen Frau, bei der sich, obwohl sie nicht stillte, 10 Monate nach ihrer dritten Entbindung reichliche Milchsecretion eingestellt hatte. Die Milch schmeckte salzig, reagirte alkalisch, war etwas fadenziehend, besass ein specifisches Gewicht von 1·029, und ergab bei der mikroskopischen Untersuchung neben den gewöhnlichen Milchkügelchen einige Colostrumkörperchen. Sie wurde weder durch Lab, noch durch Essigsäure coagulirt, gerann aber beim Erhitzen auf 75 bis 80° C. wie Hühnereiweiss. Die Analysen mit verschiedenen Proben angestellt, ergaben folgende Zahlen.

Bestandtheile für 100 Theile	I. Probe	II. Probe	III. Probe
Wasser	78·50	81·70	80·37
Feste Stoffe	21·50	18·30	19·63
Albumin	12·96	9·00	6·65
Butter	5·00	6·15	7·80
Milchzucker	2·19	1·27	3·50
Salze und Extractivstoffe	1·35	1·88	1·68

Diese Milch war demnach viel reicher an festen Bestandtheilen wie normale Milch, enthielt beträchtlich mehr Salze (die vierfache Menge der mittleren normalen), weniger Zucker, und statt Caseïn sehr viel Albumin.

Noch interessanter erscheint die von Filhol und Joly ermittelte Thatsache, dass die Zusammensetzung der Asche dieser Milch von der gewöhnlichen complet abwich, indem darin die Natriumverbindungen über die Kaliumverbindungen bedeutend überwogen. Filhol und Joly fanden nämlich in 100 Thln. obiger Milch:

Chlornatrium	73·10
Chlorkalium	Spur
Phosphorsaures Calcium	24·40
Phosphorsaures Natrium	1·89
Phosphorsaures Magnesium, Phosphorsaures Eisenoxyd . . .	0·61

Eine enorme Vermehrung der Butter in der Frauenmilch beobachtete Schlossberger. Dieselbe stammte aus einer ungeheuer vergrösserten Brust einer kräftigen 26jährigen Frau. Die aus der 14 Pfund schweren und später amputirten Brustdrüse gewonnene Milch war rahmähnlich, leichter wie Wasser (specif. Gewicht 0·98 bis 0·99), und zeigte unter dem Mikroskope nichts von normaler Milch Abweichendes. Auch ihr chemisches Verhalten war das gewöhnlicher Milch.

100 Thle. dieser Milch enthielten:

Wasser	67·52
Feste Stoffe	32·48
Caseïn	2·74
Butter	28·54
Milchzucker	0·74
Salze	0·41

Bei Hündinnen beobachteten Filhol und Joly und zwar bei jungfräulichen, die Secretion einer Milch, deren Zusammensetzung mit derjenigen übereinstimmend war, welche sie bei der oben erwähnten Frauenmilch beobachteten.

Abnorme Veränderungen der Milch und abnorme Milchsecretion.

Abnorme Milch und Milchsecretion.

Zuweilen finden sich in der Milch der Kühe, auch wohl in der von Frauen, eigenthümliche Färbungen. Die am häufigsten vorkommende derartige Erscheinung ist die sogenannte blaue Milch. Diese Färbungen rühren von beim Stehen der Milch an der Luft sich entwickelnden Infusorien oder niederen pflanzlichen Organismen her. Fuchs leitet die blaue Färbung der Milch von einem Infusorium ab, welches er Vibrio cyanogenëus nennt, Bailleul dagegen von einem Byssus. C. G. Lehmann schliesst sich nach seinen Erfahrungen der Meinung von Fuchs an.

Uebergang von Arzneistoffen in die Milch.

Auch durch Arzneistoffe, von welchen einige, wie bereits oben erwähnt wurde, in die Milch übergehen, erleidet die Milch Veränderungen ihrer Eigenschaften als Nahrungsmittel, ob auch ihrer quantitativen Zusammensetzung, ist nicht bekannt. Die ärztliche Erfahrung lehrt, dass Arzneimittel, welche der Mutter gereicht werden, durch die Milch ihre Wirkung auch auf den Säugling erstrecken. So ist ein Fall bekannt geworden, wo der Gebrauch von 20 Tropfen Opiumtinctur seitens der Mutter, auf das Kind, welches nachher gesäugt wurde, die Wirkung hatte, dass es unmittelbar nach dem Trinken in einen 43 Stunden lang dauernden Schlaf verfiel.

Dass namentlich auch Jod sehr leicht in die Milch übergeht, haben wir bereits weiter oben erwähnt. In Südamerika hat man den jedenfalls interessanten Versuch gemacht, Lamas mit jodhaltigen Fucusarten zu füttern, und die von diesen Thieren gelieferte jodhaltige Milch als Arzneimittel für Kranke zu verwenden. Nach Bistrow's Versuchen geht auch Eisen in die Milch über. Derselbe setzte dem Futter einer Ziege täglich 1 bis 3 Grm. Ferrolactat zu (das Eisenpräparat wurde in steigenden Mengen gegeben) und sah den Eisengehalt der Milch schon nach 48 Stunden zunehmen und selbst bis auf das Doppelte steigen. Weiske dagegen versuchte vergeblich den Gehalt der Kuhmilch an Phosphaten durch Zusatz von Calciumphosphat zum Futter zu steigern.

Hexenmilch.

Fast alle Neugeborenen, männliche und weibliche, sondern aus der Brustdrüse einige Tage nach der Geburt einen Saft ab: die sogenannte Hexenmilch. Sie erscheint meist am vierten Tage nach der Geburt, erreicht am achten ihr Maximum, und ist nach Verlauf eines Monats meist verschwunden. Unter dem Mikroskope zeigt sie Milchkügelchen und Colostrumkörperchen. Nach Schlossberger verhält sie sich wie gewässerte Milch.

Bei erwachsenen Männern und männlichen Säugethieren stellt sich in sehr seltenen Fällen ohne nachweisbare Ursache wahre Milchabsonde-

rung ein. Schlossberger analysirte eine derartige Milch eines Bockes. Wir stellen die Resultate seiner Analysen der Hexen- und Bocksmilch tabellarisch zusammen:

Bestandtheile für 100 Theile	Hexenmilch	Bocksmilch
Wasser	96·75	85·09
Feste Stoffe	3·25	14·91
Caseïn	3·65 (Caseïn, Butter, Milchzucker zusammen)	9·66
Butter		2·65
Milchzucker		2·60 (Milchzucker und Salze zusammen)
Salze	0·05	

Der Buttergehalt der Hexenmilch betrug 0·82 Proc.

Uterin-milch.

Uterinmilch. Unter dieser Bezeichnung versteht man das Secret eigenthümlicher Drüsen auf der Innenfläche des zweihörnigen Uterus der Wiederkäuer.

Sein Ansehen ist das der Milch oder des Chylus, seine Consistenz rahmähnlich, es ist geruchlos, reagirt schwach sauer (Schlossberger), neutral oder alkalisch (Gamgee) und zeigt unter dem Mikroskope zahlreiche zellige Elemente. Es enthält ausser Wasser: Albumin, ziemlich viel Fett, Extractivstoffe und anorganische Salze. In der Asche Phosphorsäure, Kalium, Natrium, Calcium, eine Spur Chlor und Eisenoxyd. Zucker ist in der Uterinmilch nicht enthalten, dieselbe hat also ausser ihrer Farbe und Consistenz von der Milch nur den Namen.

Bildung der Milch (Milchbereitung).

Bildung der Milch.

Wenn wir die Bestandtheile der Milch mit jenen des Blutes vergleichen, und wenn wir namentlich auch die Zusammensetzung der Aschenbestandtheile beider Flüssigkeiten ins Auge fassen, so ergiebt sich ohne Weiteres, dass von einer Bildung der Milch durch blosse Transsudation, wie sie auch jüngst noch Martiny annahm, keine Rede sein könne. Abgesehen von dem Caseïn, ist der Milchzucker der Milch als solcher ausschliesslich eigenthümlich. Derselbe findet sich nicht nur allein nicht im Blute, sondern ist mit Ausnahme der Milch noch nirgends normal im Thierorganismus angetroffen. Die Versuche von Cl. Bernard lehren ausserdem, dass wenn grosse Mengen Rohr- oder Krümelzucker in das Blut von weiblichen Kaninchen oder Hunden injicirt werden, in der Milch

dieser Thiere sich doch immer nur Milchzucker findet. Was die Fette der Milch anbelangt, so wäre ein directer Uebergang derselben allerdings denkbar, aber er ist an und für sich wenig wahrscheinlich, da dann eigenthümliche osmotische Verhältnisse in den Capillaren der Brustdrüsen angenommen werden müssten. Endlich gilt es nach den Beobachtungen von van Büren, H. Meyer, Fr. Will und Kehrer gegenwärtig für ausgemacht, dass die Fette der Milch das Product des Zerfalls der Drüsenzellen darstellen. Ob, wie C. Voit annimmt, wenigstens bei dem Pflanzenfresser ein Theil der Milchfette auch aus an anderem Orte zersetzten Eiweisskörpern, oder aus direct mit der Nahrung eingeführten Fetten abstamme, und vom Blute aus in die Milchdrüsenzelle abgelagert werden könne, muss dahingestellt bleiben. Jedenfalls aber geht aus den Resultaten der von Ssubotin u. Kemmerich bei Hunden angestellten Untersuchungen hervor, dass die Milchfette sich aus Eiweissstoffen abspalten, da Fleischnahrung den Buttergehalt der Milch so ausserordentlich erhöht. Was das Caseïn anbelangt, so nehmen Kemmerich, Zahn und Dähnhardt an, dass dasselbe aus dem Albumin entstehe und sich daraus, sei es durch Oxydationsvorgänge, sei es durch die Wirkung eines allerdings unbekannten und vergeblich zu isoliren versuchten Fermentes, abspalte. Diese Ansicht stützt sich vorzugsweise auf Versuche (namentlich Kemmerich's), aus denen hervorgeht, dass nach der Entleerung der Milch aus der Brustdrüse, namentlich im Colostrum, eine fortdauernde Caseïnbildung und zwar auf Kosten des Albumins der Milch stattfindet. Dass dieser Vorgang, der kurz nach der Entleerung am prägnantesten ist, und bei Digestion der Milch bei Körpertemperatur vor sich geht, wirklich ein physiologischer ist, will Kemmerich daraus schliessen, dass die Milch unmittelbar nach der Entleerung ihn am Stärksten wahrnehmen lässt und er später aufhört. Nach Allem kann es daher als ausgemacht gelten, dass die Milch als solche d. h. die für sie charakteristischen und specifischen Bestandtheile erst in den Brustdrüsen gebildet werden, sowie dass sie aus einem Zerfall der Drüsenelemente selbst hervorgeht; ist dies aber der Fall, so ist es vollkommen verständlich, dass die Zusammensetzung und die Abscheidung der Milch von der Nahrung nur bedingt und indirect abhängig ist. Für das Albumin, das Wasser und einen Theil der Salze kann man allerdings einfache Diffusion aus dem Blute annehmen.

Physiologische Bedeutung der Milch.

Physiologische Bedeutung der Milch.

Die physiologische Bedeutung der Milch liegt auf der Hand. Die Milch ist die einzige Nahrung des Säuglings und kann für diesen durch jede andere Art von Nahrung entweder nicht, oder nur unvollkommen ersetzt werden. Die Milch von Säugethieren wird übrigens beinahe von

allen Völkern als ein Hauptnahrungsmittel benutzt, und spielt als Beimischung zu den verschiedensten Speisen der Culturvölker eine grosse Rolle. Ihre physiologische Bedeutung als Nahrungsmittel des Säuglings ist darin begründet, dass sie aus allen Gruppen der zur Gewebsbildung und zum Ersatze des Verlorenen nöthigen Stoffe: der Eiweisskörper, der Kohlehydrate, der Fette und der Salze Repräsentanten und zwar in einem Mischungsverhältnisse enthält, wie es den Ernährungsverhältnissen des Neugeborenen angemessen ist. Dieses Mischungsverhältniss ist keineswegs das, welches sich für den erwachsenen Organismus als das geeignetste erweist, allein es ist dasjenige, welches den Ernährungszwecken des Säuglings am Vollkommensten entspricht. Bemerkenswerth erscheint in diesem Verhältnisse das Ueberwiegen der Fette und der grosse Reichthum an phosphorsauren Erden, von welchen ein Theil an das Caseïn: den Eiweisskörper der Milch, gebunden zu sein scheint. Das auf gewöhnliche Weise dargestellte lösliche Caseïn enthält an 10 Proc. Calciumphosphat. Von den anorganischen Salzen der Milch machen die phosphorsauren Erden etwa $^2/_3$ vom Gewichte derselben aus. Dass dieses Verhältniss kein zufälliges ist, leuchtet sofort ein, wenn man berücksichtigt, dass beim Säuglinge das in der Entwickelung am meisten zurückgebliebene Gewebe das Knochengewebe ist, welches sich nach der Geburt sehr rasch fortentwickelt, zu dieser Entwickelung aber bedeutender Mengen phosphorsaurer Erden und namentlich Calciumphosphates bedarf. Ebenso wenig zufällig ist es, dass sich das Caseïn der Milch mit der fortschreitenden Entwickelung des Säuglings vermehrt, da in dem Maasse, als der junge Organismus an Volumen und an Masse zunimmt, sich auch das Bedürfniss nach Eiweisskörpern in der Nahrung, die zur Entwickelung der Organe verwendet werden, steigert. Auch der höhere Fettgehalt der Milch gegenüber dem durchschnittlichen Fettgehalte des Nahrungsmaasses Erwachsener findet in den Ernährungsverhältnissen des Säuglings seine genügende Erklärung, doch werden wir auf einen anderen möglichen Grund dieses Verhältnisses noch bei anderer Veranlassung zurückkommen.

In jenen Fällen, wo die Mutterbrust dem Säuglinge keine oder nur ungenügende Nahrung darbietet, muss zu Surrogaten: zur Milch der Thiere, Zuflucht genommen werden, und diejenige wird natürlich dem Zwecke am besten entsprechen, welche sich in ihrer Zusammensetzung jener der Frauenmilch am meisten nähert. Als diätetischen Fingerzeig lassen wir das Verhältniss der Bestandtheile in der Frauenmilch und in der Milch einiger Thiere in einer Tabelle zusammengestellt folgen, müssen aber dabei ausdrücklich bemerken, dass es sich hier nur um Durchschnittswerthe handelt, und dass bei dem Umstande, dass die Zusammensetzung der Milch innerhalb sehr weiter Grenzen schwanken kann, ihre Benutzung Vorsicht erheischt. In Einzelfällen kann natürlich das Verhältniss der Milchbestandtheile sich sehr wesentlich ändern. Nach den auf S. 425 gegebenen Analysen der Milch verschiedener

Thiere kommen nach dem aufsteigenden Procentgehalte an den Hauptbestandtheilen die dort angeführten Milchsorten in folgende Reihen :

Gehalt verschiedener Milcharten an den wesentlichen Bestandtheilen.

An Wasser		An Eiweisskörpern	
Schafmilch	83·30	Steppenstutenmilch . .	2·53
Kuhmilch	84·28	Frauenmilch	2·88
Ziegenmilch	86·85	Eselsmilch	3·57
Frauenmilch	87·24	Ziegenmilch	3·79
Eselsmilch	89·01	Kuhmilch	4·35
Steppenstutenmilch . . .	90·45	Schafmilch	5·73

An Butter		An Milchzucker und Salzen	
Steppenstutenmilch . . .	1·31	Ziegenmilch	3·78
Eselsmilch	1·85	Schafmilch	3·96
Frauenmilch	3·68	Kuhmilch	4·34
Ziegenmilch	4·34	Eselsmilch	5·05
Schafmilch	6·05	Frauenmilch	5·17
Kuhmilch	6·47	Steppenstutenmilch . .	5·42

In Bezug auf das Verhältniss von Milchzucker und Salzen ist aber zu bemerken, dass bei der Eselsmilch Milchzucker und Salze collectiv bestimmt wurden. Im Ganzen aber ergiebt sich das Resultat, dass zwar keine der aufgeführten Milchsorten der Frauenmilch auch nur annähernd gleich zusammengesetzt ist, dass ihr aber die Steppenstuten- und Eselsmilch noch am nächsten kommen. Dass unverdünnte Kuhmilch von Säuglingen in der Regel nicht vertragen wird, findet in den erörterten Verhältnissen, zugleich aber auch in der sehr abweichenden Qualität des Frauen- und Kuhcaseïns (vergl. S. 438, 439) seine Erklärung. Indem man die Kuhmilch mit Wasser verdünnt und ihr etwas Milchzucker zusetzt, kann man sie quantitativ der Frauenmilch im höchsten Grade ähnlich machen.

Für die physiologische Bedeutung der Milch als Nahrungsmittel für Erwachsene, ist auch der Käse, als eine Umgestaltung der Milch in eine Form, welche den Transport von dem Productionsorte aus nach einem weiteren Kreise des Consums möglich macht, von Wichtigkeit.

Kumys.

Unter den tartarischen Völkerschaften ist unter dem Namen Kumys ein weingeistiges Getränk üblich, welches aus der Milch der Step-

penstuten, oder auch wohl aus jener der Kühe bereitet wird, und zwar indem man dieselbe bei Sommertemperatur und nach Zusatz von etwas fertigem Kumys, oder ebenso viel saurer Milch unter heftiger Bewegung (mittelst Rührvorrichtungen) in geistige Gährung versetzt (Biel). Als Nachahmung des echten russischen Kumys wird gegenwärtig in der Schweiz (Davos, Graubündten) aus Kuhmilch ein sogenannter Milchwein oder Schweizer Kumys fabricirt und als Curmittel gebraucht.

Nachfolgende Tabelle enthält Analysen von Steppenstuten- und von Schweizerkumys:

In 100 Theilen	Russischer Kumys		Schweizer Kumys Suter-Näf
	2 Tage alt Stahlberg-Hartier	3 Tage alt Biel	
Wasser	90·76	—	90·35
Alkohol	1·65	1·75	3·21
Fett	2·05	1·29	1·78
Zucker	2·20	1·25	2·10
Milchsäure	1·15	0·72	0·19
Eiweisskörper	1·12	1·93	1·86
Salze	0·28	0·29	0·51
Freie Kohlensäure	0·78	0·56	0·17
Absorbirte Kohlensäure	—	0·36	—

Aelterer ausgegohrener Kumys enthält 2 bis 3 Proc. Alkohol. Die mikroskopische Untersuchung des Kumys weist ausser unzerstörten Milchkügelchen stark lichtbrechende, schmale nicht verästelte Stäbchen nach (wahrscheinlich das Ferment).

Zur gerichtlichen und polizeilichen Chemie der Milch.

Gerichtliche Chemie der Milch.

Zuweilen wird an den Chemiker von Seite des Gerichts die Frage gestellt, ob Flecken auf Hemden oder anderen Wäschestücken von Milch herrühren. Anhaltspunkte für die Beantwortung einer derartigen Frage geben die äusseren Charaktere solcher Flecken und ihr chemisches Verhalten. Milchflecken sind gewöhnlich gelblich, fühlen sich etwas steif an und haben meist umschriebene Ränder. Wenn man einen derartigen Flecken mit etwas (wenig) Wasser aufweicht und einen Tropfen der Flüssigkeit unter das Mikroskop bringt, so erkennt man gewöhnlich ohne Schwierigkeit die Milchkügelchen. Eine andere

Partie der Flecken extrahirt man mit kaltem Wasser und prüft die filtrirte Lösung auf Caseïn; eine dritte Probe erschöpft man unter Zusatz von etwas Kali mit Aether und verdunstet die ätherische Lösung, wobei die Fette der Milch als Rückstand bleiben. Einen weiteren mit verdünntem Weingeist bereiteten Auszug endlich, prüft man mit der Fehling'schen Flüssigkeit auf Zucker. Ein positives Ergebniss aller dieser Versuche ist für die Natur der Flecken vollkommen beweisend.

Es ist ein sehr gewöhnliches Verfahren von Seite der Milchverkäufer, die Gerinnung der Milch künstlich zu verhindern oder zu verzögern. Zu diesem Zwecke wird häufig Natriumbicarbonat angewendet. Das Bicarbonat, indem es die gebildete Milchsäure vollständig sättigt, verhindert dadurch die Gerinnung des Caseïns. $^1/_{1000}$ Natriumbicarbonat genügt zu diesem Zwecke. Eine in Paris gewöhnliche Mischung, Conservateur du lait geheissen, besteht aus einer Lösung von 95 Grm. Bicarbonat in 905 Grm. Wasser. Zur heissen Jahreszeit setzt man 1 Deciliter dieser Lösung zu 20 Liter Milch.

Das einfachste Verfahren, um einen Zusatz von Natriumcarbonat zur Milch zu entdecken, besteht darin, die fragliche Milch mit dem gleichen Gewicht Alkohol zu versetzen, wodurch das Caseïn gefällt wird. Man erhält, wenn Natriumcarbonat zugesetzt wurde, ein alkalisch reagirendes Filtrat, welches abgedampft, einen mit Säuren brausenden Rückstand hinterlässt.

Es ist beachtenswerth, dass ein geringer Zusatz von Natriumcarbonat zur Milch ihren Geschmack und ihre sonstigen Eigenschaften nicht wesentlich alterirt, auch ist er keineswegs der Gesundheit der Consumenten nachtheilig.

Auch durch Aufkochen der Milch wird ihr Sauerwerden verzögert. Gekochte Milch giebt sich dem Geübten durch Geruch und Geschmack zu erkennen, aber nach den Angaben Quevenne's auch durch Lab. Gekochte Milch wird durch Lab viel später und unvollständiger coagulirt, wie normale. Jedenfalls ist bei diesem Verfahren mit normaler Milch eine Gegenprobe anzustellen. Wenn nach Verlauf von 10 Stunden die normale Milch coagulirt ist, während die verdächtige noch flüssig erscheint, so spricht dieses für die Annahme, dass die Milch gekocht wurde. Doch kann die Coagulation auch in sonst verfälschter oder abnormer Milch verspätet eintreten. Es bietet daher dieses Verfahren keineswegs volle Sicherheit dar (vergl. S. 415).

Conservation der Milch.

Zur Conservation der Milch (bei Seereisen u. s. w.) sind verschiedene Methoden vorgeschlagen: Eine der ihrem Zwecke am besten entsprechenden ist die von Lignac. Sie besteht darin, zu sehr guter Milch auf je 1 Liter 75 bis 80 Grm. weissen Rohrzucker zu setzen und hierauf die Milch im Dampfapparate in flachen Gefässen unter beständigem Umrühren auf $^1/_5$ ihres Volumens einzudampfen. Der Rückstand wird in cylindrische Blechbüchsen gebracht und nach der Appert'schen Methode hermetisch verschlossen (Condensirte Milch).

Verfälschungen derselben.

Eine der gewöhnlichsten Verfälschungen der Milch ist ihre Verdünnung mit Wasser. Andere sind der Zusatz von Zucker, Stärke, Mehl, Dextrin, Reis- und Gerstenschleim, Gummi, Eiweiss und Eigelb, Caramel, Thomaszucker, Leim, Hausenblase, Liquirizzensaft, Cichorien, Blutserum, Mandelmilch, Gehirn. Auf welche Weise alle diese Verfälschungen ausgemittelt werden, dies zu beschreiben gehört in das Gebiet der gerichtlichen Chemie. Wir beschränken uns darauf, in den allgemeinsten Grundzügen anzugeben, wie man eine Verfälschung der Milch mit Wasser zu erkennen sucht, und wie man überhaupt die Milch auf ihre Güte prüft.

Milchproben.

Eine genaue chemische Analyse der Milch würde allerdings am sichersten zum Ziele führen, allein die Anwendbarkeit dieser Methode für die sanitätspolizeiliche Controle der Milch in grösseren Städten, und gerade hier erscheint eine solche Controle am nöthigsten, scheitert an zwei Umständen: an dem Zeitaufwande, welchen jede derartige Analyse erfordert, der die nahezu gleichzeitige Prüfung vieler Milchproben unmöglich macht und daran, dass eine solche Analyse nur von einem gewandten Chemiker ausgeführt werden kann.

Man hat deshalb, um die häufigste aller Milchfälschungen: die Verdünnung, theilweise auch wohl schon abgerahmter Milch mit Wasser, rasch und ohne besonderen Aufwand von Geschicklichkeit zu erkennen, verschiedene Methoden ersonnen und in Anwendung gezogen. Diese Methoden beruhen alle auf der Anwendung von Messinstrumenten, durch welche man den Wassergehalt, den Zuckergehalt und den Rahmgehalt der Milch approximativ ermittelt.

Das zuverlässigste dieser Instrumente ist das Lacto- oder Cremometer von Dinocourt und Quevenne. Das Instrument besteht aus einer 14 Centimeter hohen Eprouvette mit Fuss und Gradeintheilung. In diesem Cylinder lässt man die Milch 24 Stunden stehen, am besten an einem kühlen Orte und liest dann die Höhe der Rahmschicht am Instrumente ab. Gute Milch soll nicht unter 10 Volumprocente Rahm geben.

Das Lactodensimeter von Quevenne ist ein gewöhnliches Aräometer mit einer empirischen für den Zweck des Instrumentes construirten Scala. Das Instrument hat ferner eine doppelte Scala für abgerahmte und nicht abgerahmte Milch.

Ein ganz ähnliches Instrument ist das Centesimal-Galactometer von Chevallier. Beide dienen zur Bestimmung des specifischen Gewichtes der abgerahmten und nicht abgerahmten Milch. Die Anwendung der letztgenannten Instrumente geschieht in Verbindung mit der cremometrischen Methode unter genauer Berücksichtigung der Temperatur.

Man bestimmt nämlich das specifische Gewicht der nicht abgerahmten Milch mittelst eines der zuletzt genannten Instrumente und bei einer bekannten Temperatur, bestimmt in einer zweiten Operation den Rahmgehalt mittelst des Cremometers, und in einer dritten Operation das specifische Gewicht der abgerahmten Milch unter Notirung der Temperatur. Aus diesen combinirten Daten lässt sich nach vorhandenen Tabellen der Wassergehalt der Milch berechnen.

Das specifische Gewicht der Milch an und für sich giebt, wie wir bereits weiter oben erwähnten, durchaus keinen Anhaltspunkt für die Zusammensetzung der Milch.

Das Saccharimeter oder Polarimeter von Vernois und Becquerel ist ein mit einem Analyseur versehener Polarisationsapparat, der zur Bestimmung des Milchzuckers dient. Man coagulirt eine gemessene oder gewogene Menge Milch, bringt die Molken in die Röhre des Apparates und bestimmt die Drehung. Nach einer Tabelle findet man den der beobachteten Drehung entsprechenden Zucker- und Wassergehalt der Milch. Nach dem Vorschlage von Poggiale kann man den Zuckergehalt der Milch auch durch eine titrirte (Fehling'sche oder Barreswil'sche) Kupferlösung bestimmen, wobei man genau so verfährt, wie bei der Bestimmung des Zuckers durch die Titrirmethode überhaupt. Man kann zu dieser Bestimmung die Molken, oder auch wohl die mit Wasser verdünnte Milch für sich verwenden (Boudet und Boussingault). Die Zuckerbestimmung ist zur Beurtheilung der Qualität der Kuhmilch insoferne gut geeignet, als der Zuckergehalt dieser Milchsorte innerhalb ziemlich enger Grenzen liegende Schwankungen zeigt.

Die von Donné und von Alfr. Vogel empfohlenen Methoden, die sich zur Ermittelung des Buttergehaltes der Milch, des optischen Verhaltens der Milch, d. h. des Messens ihrer Undurchsichtigkeit bedienen, geben und zwar aus physikalischen Gründen den Buttergehalt zu hoch (bis zu 1 Proc.), ein anderes Instrument: das Lactobutyrometer von Salleron liefert zu niedrige Zahlen.

Zur Entdeckung der in neuester Zeit sehr schwunghaft betriebenen Verfälschung der Butter und des Schmalzes durch fremde Fette kann man sich der physikalischen Eigenschaften dieses Fettes: des Schmelzpunktes, der Löslichkeitsverhältnisse etc. nicht bedienen, da es leicht ist, durch Mischen von flüssigen und starren Fetten Producte herzustellen, die sich in ihren physikalischen Eigenschaften vom Butterfett durchaus nicht unterscheiden. Auch der Geruch ist nicht zu verwerthen, da das Butterfett ohne Ausnahme durch längeres Liegen an der Luft Talggeruch annimmt und blendend weiss wird, wie dieser. Auf die Thatsache, dass Butterfett eine nur innerhalb sehr enger Grenzen schwankende Menge unlöslicher Fettsäuren bei der Verseifung liefert: 85·4 bis 86·2 Proc., hat Hehner eine Methode zur Ermittelung fremder Fette in der Butter gegründet, welche in England allgemein eingeführt ist. Sie besteht in der analytischen Bestimmung der aus den verseiften Fetten zu fällenden unlöslichen Fettsäuren. Ein Fett, welches über 88 Proc. Fettsäuren liefert, ist als verfälscht zu betrachten, und die Berechnung der Menge des fremden Fettes auf die Normalzahl 87·91 zu basiren. Ein Butterfett, welches 91 Proc. unlösliche Fettsäuren enthielte, würde 43·5 Proc. fremdes Fett enthalten, da 95·5 — 87·5 = 8 und 91 — 87·5 = 3·5. Daher 8 : 3·5 = 100 : x. Zur Berechnung der Menge des fremden Fettes ziehe man daher von der gefundenen Procentzahl 87·5 ab, multiplicire den Rest mit 100 und dividire mit 8. Die Zahl 95·5 stellt die theoretische Durchschnittszahl der durch Verseifung der Triglyceride zu erhaltenden Fettsäuremengen. Die genaue Beschreibung der Methode vergl. in Zeitschr. f. analyt. Chemie XVI, 145.

V. Chemie des thierischen Samens.

Literatur: Berzelius: Lehrb. d. Chem. 4te Aufl. IX, S. 632. — Vauquelin: Annal. de chim. T. IX, p. 64. — Fourcroy u. Vauquelin: Annal. de chim. LXIV, 5. — Valentin: Repert. f. d. Phys. I, 34. — Kölliker: Zeitschr. f. wissensch. Zoologie Bd. VII, S. 201. — Donné: Nouvelles expér. sur les animalc. spermat. — Frerichs: Todd's Cyclop. of Anat. and Physiol. London 1850. 680. — Gobley: Journ. de Chim. et de Pharm. IX, p. 1. — O. Beckmann: Arch. f. path. Anat. XV, 543. — A. Böttcher: Arch. f. path. Anat. XXXII, 525. — C. Schmidt: Die Diagnostik verdächt. Flecke etc. Mitau u. Leipzig 1848. — Knoblank: Casper's Vierteljahrsschr. III, 140. — H. Reinsch: Neues Jahrb. f. Pharm. VII, 14. — Buxmann: Beitr. zur Kenntniss des Prostatasaftes. Dissert. Giessen 1864; Henle u. Meissner's Jahresber. 1864. S. 285. — Miescher: Die Spermatozoen einiger Wirbelthiere. Verhandl. d. naturf. Ges. zu Basel. VI. Hft. 1. 138 (1874). — Picard: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VII, 1714. — Axel Iversen: Nordiskt medicinsk Ark. VI, 1874. 20; Maly's Ber. über Thierchemie IV, 358. — F. W. Zahn: Arch. f. path. Anat. u. Physiol. LXII. Extraabdruck.

Die chemische Natur des thierischen Samens ist noch unvollkommen studirt und die darüber angestellten Untersuchungen haben im Ganzen keinen erschöpfenden Aufschluss darüber gebracht. Der Samen kann als ein reines Secret, so wie er erhalten wird, nicht betrachtet werden, da ihm immer das Secret der Prostatadrüse beigemischt ist.

Physikalische Charaktere.

Physikalische Charaktere. Der thierische Samen stellt eine schleimige, klebrige, weissliche Flüssigkeit von eigenthümlichem Geruche dar, welche alsbald nach der Ejaculation gallertig, bald darauf aber dünnflüssig wird. Die Reaction desselben ist neutral oder schwach alkalisch.

Anatomische Charaktere.

Anatomische Charaktere. Die anatomische Analyse zerlegt den Samen in einen flüssigen und einen aufgeschwemmten Theil. Letzterer, die Formelemente des Samens enthaltend, besteht:

a) aus den Spermatozoiden oder Samenfäden: sich lebhaft bewegenden fadenförmigen Gebilden, deren eines Ende, der sogenannte Kopf, kolbenförmig verdickt ist. Da dieselben nur durch das Mikroskop wahrgenommen werden können, so gehört ihre nähere Beschreibung in das Gebiet der mikroskopischen Anatomie.

b) aus den Samenkörnchen oder Samenzellen: rundlichen, blassen, fein granulirten Zellengebilden, welche in ihrem mikroskopischen Verhalten eine grosse Aehnlichkeit mit den farblosen Blutkörperchen zeigen. Vor den Pubertätsjahren enthält der menschliche Same nur Samenkörnchen und dasselbe ist zuweilen im hohen Alter und bei chronischen Krankheiten der Fall;

c) aus mehr zufälligen Formelementen: Epithelien der Schleimhaut, Prostata- und Schleimkörperchen. Ueber die histiologischen Verhältnisse aller dieser Elemente sind die Hand- und Lehrbücher der allgemeinen Anatomie und Histiologie nachzusehen.

Chemische Bestandtheile des Samens.

Chemische Bestandtheile.

Als chemische Bestandtheile des Samens von Säugethieren und Fischen sind nachgewiesen:

Wasser, — Eiweisskörper (Serumalbumin und Alkalialbuminat) — Nucleïn (Miescher) — Protamin (Miescher vgl. S. 312) — Lecithin (Miescher) — Guanin und Sarkin (Piccard) — Cholesterin — Fette — und anorganische Salze, worunter vorwiegend Alkalien an Chlor, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Kohlensäure gebunden. Den von einigen Beobachtern angegebenen hohen Gehalt des Spermas an phosphorsauren Erden konnte Miescher nicht bestätigen, und Cerebrin, welches auch wohl als Bestandtheil des Samens

angegeben wird, konnte Miescher weder in jenem des Stieres, noch in jenem des Lachses nachweisen. Nach Angaben Miescher's ist das Protamin im Lachssperma in chemischer Verbindung mit Nucleïn enthalten.

Allgemeines chemisches Verhalten der Sperma.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Die genauesten Angaben darüber rühren von Miescher her.

Das Sperma des Stieres fand derselbe stets deutlich sauer reagirend, auch dann, wenn die Drüsensubstanz selbst alkalische Reaction zeigte.

Stiersamen aus der fein zerschnittenen Epididymis durch Einschliessen derselben in Tüllsäckchen und Ausschlämmen mit Wasser erhalten, mit ein paar Tropfen Essigsäure angesäuert, lässt sich durch Saugfilter filtriren, wobei die Spermatozoen auf dem Filter zurückbleiben. In der abfiltrirten Flüssigkeit ist Serumalbumin, beim Kochen gerinnend und durch Pepsin ohne Rückstand verdaulich und ausserdem durch Essigsäure erst bei stark saurer Reaction fällbares, in 1 procentiger Salzsäure lösliches Alkalialbuminat nebst den anorganischen löslichen Salzen enthalten.

Schüttelt man das Sperma des Rheinlachses mit Aether und Wasser, so gehen die Spermatozoen in die Grenzschichte, und die wässerige Lösung, alkalisch reagirend, enthält Alkalien, gebunden an Chlor, Schwefelsäure, Phosphorsäure und etwas organische Substanz. Säuert man Lachssperma mit etwas Essigsäure an, so setzen sich die Spermatozoen als dichter weisser pulveriger Niederschlag rasch ab; ähnlich wirkt Chlorkalium- oder Chlorbaryumlösung (Miescher).

Der mit Aether erschöpfte Karpfensamen giebt beim Verbrennen eine durch freie Phosphorsäure stark saure Kohle (Frerichs). Das Lachssperma verhält sich ebenso.

In dem menschlichen Samen bilden sich bei dem Eintrocknen desselben Krystalle, welche dem monoklinen Systeme anzugehören scheinen und zwar um so zahlreichere und grössere, je langsamer die Verdunstung erfolgt. Dieselben entstehen aus dem Plasma des Samens und scheinen nach ihren mikroskopischen Reactionen eiweissartiger Natur zu sein. Aehnliche oder identische Krystalle bilden sich auch aus Hühnereiweiss (A. Böttcher).

Chemisches Verhalten der Samenfäden.

Chemisches Verhalten der Samenfäden.

Die Samenfäden der Säugethiere werden weder durch concentrirte Mineralsäuren noch durch Essigsäure vollständig gelöst. Schwefelsäure und Salpetersäure färben sie gelblich. Durch das Millon'sche Reagens

scheinen sie roth gefärbt zu werden. Natriumcarbonat ist ohne Einwirkung darauf, kaustisches Ammoniak löst sie nur zum Theil, dagegen lösen sie sich in Kali- und Natronlauge in der Wärme wenngleich schwierig auf. Viel intensiver als selbst kochende Kalilauge wirkt auf Lachssperma Kochsalz- oder Salpeterlösung von 10 bis 15 Proc. Salzgehalt. Die Spermatozoen verwandeln sich dadurch sofort in einen durchscheinenden Gallertklumpen, der unter dem Mikroskope keine Spermatozoen mehr erkennen lässt, dagegen sieht man, dass bei der Einwirkung des Salzes es zunächst das dicke Ende des Kopfes ist, welches erblasst, aufquillt und endlich unsichtbar wird, während Mittelstück und Schwanz unverändert bleiben. Durch Wasser wird die gallertige Masse zu faserigen Massen zusammengezogen (Miescher).

Das Alkoholätherextract der Spermatozoen des Lachses besteht zur Hälfte aus Lecithin, die andere Hälfte aus Fett und Cholesterin, das in Alkohol etc. Unlösliche aus einer Verbindung von Nucleïn mit Protamin (Miescher) und nur durch 1procentige Salzsäure extrahirbarem Guanin und Sarkin (Piccard).

Die Spermatozoen des Stieres dagegen enthalten kein Protamin und es besteht nach Miescher's Beobachtungen der Kopf derselben aus mindestens drei Substanzen: 1) Nucleïn, schwefelfrei, vermuthlich $^1/_2$ bis $^1/_3$ der Masse, in einer unlöslichen Modification, 2) Eiweiss (frei oder in einer phosphorhaltigen Verbindung) und 3) einer sehr schwefelreichen Substanz.

Beim vorsichtigen Glühen des Samens erhielt Valentin eine Asche, welche noch ganz die Form der Samenfäden besass. Der Fäulniss widerstehen sie sehr lange. Donné beobachtete sie noch nach drei Wochen im faulen Harne. Auch in Samenflecken lassen sie sich noch nach langer Zeit beim Aufweichen wahrnehmen.

Quantitative Zusammensetzung des Samens.

Quantitative Zusammensetzung.

Aeltere quantitative Analysen des Samens vom Menschen, Stier und Pferde liegen von Vauquelin und von Kölliker vor, sind aber von geringem Werthe, da sie nach unvollkommenen Methoden angestellt sind und sich überdies auf die Bestimmung des Gehaltes an Wasser, Fetten und Salzen beschränken. Der Wassergehalt schwankt nach diesen Analysen zwischen 81·9 und 90 Proc. Auffallend ist der übereinstimmend gefundene hohe Gehalt an anorganischen Salzen (bis zu 4 Proc.), wohl aber zum Theil von der Schwierigkeit des völligen Einäscherns des Samens herrührend.

Als mittlere Zusammensetzung von reinen Spermatozoen des Rheinlachses aus dem *vas deferens* giebt Mischer nachstehende an:

In 100 Thln. organischer Stoffe fand er:

Nucleïn	48·68	Lecithin	7·47
Protamin	26·76	Cholesterin	2·24
Eiweissstoffe	10·32	Fett	4·53
			100·00

Spermaconcrement.

Ein aus petrificirtem Samen bestehendes Concrement wurde von O. Beckmann untersucht. Dasselbe stammte aus dem Ductus ejaculatorius eines alten Mannes. Das Concrement bestand aus phosphorsaurem und kohlensaurem Calcium und Magnesium, die daraus durch Salzsäure ausgezogen wurden und aus organischer Substanz, die, abgesehen von einigen dünnen Lagen epithelartiger Zellen, nichts enthielt wie deutlich erkennbare Samenfäden, die durch ein in Essigsäure und Salzsäure unlösliches, in Alkalien schwierig lösliches Bindemittel zusammengehalten wurden.

Ueber die chemischen Vorgänge bei der Samenbereitung herrscht noch vollkommenes Dunkel. Die physiologische Bedeutung desselben bedarf keiner Erörterung. Das Wenige, was wir über seine chemischen Eigenschaften wissen, trägt wenig oder nichts zur Aufklärung der Rolle bei, welche er bei der Befruchtung spielt.

Erkennung von Samenflecken.

Erkennung von Samenflecken. Es ist zuweilen bei gerichtlichen Untersuchungen von Wichtigkeit, Aufschluss darüber zu erhalten, ob Flecken auf Wäsche und dergleichen von Samen herrühren. Die äusseren Charaktere derartiger Samenflecken geben für die Beurtheilung des Falles zuweilen Anhaltspunkte. Die Flecken sind graulich- bis gelblichweiss, zeigen scharfe und dunkle Conturen und fühlen sich steif an. Allein ein vollkommen sicheres chemisches Verfahren zu ihrer Ausmittelung fehlt. Die einzig sichere und untrügliche Methode ihrer Ausmittelung ist die mikroskopische Untersuchung und Constatirung der Formelemente des Samens: der Samenfäden. Wenn die Flecken nicht gar zu alt sind, wenn nicht versucht wurde sie auszureiben oder auszuwaschen, wenn sie endlich nicht zu spärlich sind, so kann einem mikroskopischen Nachweise der fraglichen Samenfäden ein erhebliches Hinderniss um so weniger im Wege stehen, als die Samenfäden der Fäulniss, wie oben erwähnt wurde, lange Widerstand leisten und als sie überhaupt auch in Bezug auf ihr chemisches Verhalten eine grosse Beständigkeit zeigen. Bei einer derartigen Untersuchung wird der Flecken mit wenig lauwarmem Wasser ausgezogen, und die natürlich nicht filtrirte Flüssigkeit auf Samenfäden unter dem Mikroskop untersucht. Es ist zweckmässig, wenn man Grund hat anzunehmen, dass die Formelemente des Samens nur spärlich vorhanden sind, den wässerigen Auszug der Flecken in einem spitz zulaufenden Glase (Champagnerglas) oder noch besser in einer an einem Ende zu einer Capillare ausgezogenen und zugeschmolzenen Glasröhre durch etwa 24 Stunden absetzen zu lassen und dann den in der Spitze zurückbleibenden Tropfen genau mikroskopisch zu prüfen. Da die Samenfäden vermöge ihres specifischen Gewichts sedimentiren, so werden sie hier am Sichersten und in grösster Menge aufzufinden sein. Nach den Angaben von Orfila zeigen Samenflecken noch nach langer Zeit beim Aufweichen mit lauwarmem Wasser den eigenthümlichen Samengeruch. Er schlägt daher vor, die aus dem Zeuge herausgeschnittenen Flecken in einer kleinen Retorte mit sehr wenig Wasser schwach zu erwärmen. Die in der

Vorlage sich ansammelnde Flüssigkeit soll deutlichen Samengeruch zeigen. Nach Reinsch soll man, um den Geruch deutlich hervortreten zu machen, die befleckten Stellen mit etwas Wasser in einem Uhrglase mehrere Stunden lang digeriren lassen und sie hierauf in einer Proberöhre zum Kochen erhitzen. Der Geruch trete am stärksten hervor unmittelbar nach dem Aufhören des Kochens. Als weiterhin charakteristisch giebt Reinsch an, dass Samenflecken auch nach dem Digeriren mit destillirtem Wasser, beim Trocknen wieder steif werden. Endlich wird als ein gutes Erkennungsmittel der Samenflecken auf Leinwand oder anderem ungefärbten Zeuge angegeben, dass sie 1 bis 2 Minuten lang mässig erhitzt, fahlgelb werden. So schätzbare Anhaltspunkte alle diese Proben in einzelnen Fällen geben, so reichen sie doch allein für sich zur zweifellosen Constatirung des Samens in gerichtlichen Fällen nicht aus, denn Geruchsempfindungen sind subjectiv und daher zu Täuschungen gar zu leicht Veranlassung gebend.

Die oben erwähnten Böttcher'schen Krystalle lassen sich zwar ebenfalls aus auf Zeugen eingetrockneten Samenflecken nachweisen, indem man dieselben mit Glycerin, worin die Krystalle unlöslich sind, aufweicht, allein ihre forensische Bedeutung wird durch das Vorkommen ähnlicher Krystalle im Hühnereiweiss aufgehoben.

Prostatasecret.

Prostatasecret.

Das Secret der menschlichen Prostata hat ein milchiges Ansehen, reagirt gewöhnlich alkalisch, selten neutral und ergiebt bei der mikroskopischen Prüfung Cylinderepithelien und Körnchen von starkem Lichtbrechungsvermögen (Iversen).

Das Secret der Prostata von Hunden, von Buxmann isolirt, stellte eine etwas opalisirende Flüssigkeit von neutraler Reaction dar. Sie enthielt 98·5 Proc. Wasser, 0·45 bis 0·92 Proc. Albumin, ausserdem Kalium, Natrium und Calcium gebunden an Chlor, Schwefelsäure und Phosphorsäure. Der Gehalt an Chlornatrium betrug nahezu 1 Proc.

Prostataconcremente.

Prostataconcremente hat Iversen untersucht. Dieselben waren stecknadelkopfgross, meist facettirt, von dunkler Oberfläche, innen aber weiss oder graulichweiss. Eine quantitative Analyse ergab: Wasser 8 Proc., organische Stoffe 15·80 Proc. (mit 2 Proc. Stickstoff), Kalk 37·64 Proc., Magnesia 2·38 Proc., Natron 1·76 Proc., Kali 0·50 Proc., Phosphorsäure 33·77 Proc. und in Säuren Unlösliches 0·15 Proc.

Präputialsteine.

Einen Präputialstein untersuchte F. W. Zahn und fand darin als vorwiegende Bestandtheile harnsaure Alkalien, Calciumphosphat und Ammonium-Magnesiumphosphat, während Calciumcarbonat, Calciumoxalat und Calciumsulfat nur in Spuren vorhanden waren. Etwas organische Substanz, die darin enthalten war, gab die Xanthoproteïnsäurereaction, und bei der mikroskopischen Untersuchung wurden verhornte Epithelien wahrgenommen.

VI. Chemie des Schleimes.

Begriffsbestimmung.

Literatur: Schlossberger: Vers. einer vergl. Thierchemie. Heidelb. 1856, S. 314. — Städeler: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXI, S. 14. — Figuier: Journ. de Pharm. 1840. Févr. p. 113. — Eichwald jun.: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXXXIV, S. 177. Würzb. med. Zeitschr. V, S. 270. — Obolensky, Med. chem. Unters. v. H. S. IV, S. 590. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1871, S. 825. — Gautier, Cazeneuve u. Daremberg: Bullet. de la soc. chim. de Paris XXII, Nr. 3.

Unter der Bezeichnung: thierischer Schleim verstehen die Physiologen und Pathologen ihrer Abstammung nach sehr verschiedene Secrete, insoferne dieselben den Charakter des Secrets der eigentlichen Schleimhäute mehr oder weniger allgemein zeigen. Die Bildungsstätte des Schleimes sind vorzugsweise bindegewebige, auf einer Fläche mit epithelialen Zellen bekleidete Häute. Es gehören hierher die Secrete der eigentlichen Schleimhäute, jene der drüsenlosen Schleimhäute (Kiefer-, Stirnbein-, Trommel- und Keilbeinhöhlen), der Inhalt gewisser seröser Säcke (Synovialsäcke, Hygroma), der Inhalt gewisser Cysten, endlich natürliche Umwandlungsproducte mehrerer sogenannter Colloide.

Physikalische Charaktere.

Physikalische Charaktere. Dieselben zeigen bei Schleim von verschiedenen Bildungsstätten, und auch bei solchem von gleichem Orte aber unter abweichenden Verhältnissen abgesondert, nicht unerhebliche Unterschiede. Der Schleim ist bald glasartig und durchsichtig, bald kaum durchscheinend, bald endlich vollkommen undurchsichtig und weisslich oder gelblich trübe, endlich auch wohl eiterartig gelb. Im Allgemeinen ist er fadenziehend, doch ist seine Consistenz im Uebrigen sehr verschieden. Der normale Schleim ist geruch- und geschmacklos, seine Reaction ist nicht constant.

Anatomische Charaktere.

Anatomische Charaktere. Der Schleim ist ein Gemenge verschiedener Stoffe, von denen die einen darin gelöst vorkommen, während die anderen: seine Formelemente, darin nur suspendirt sind; die letzteren sind folgende:

1) Epithelialzellen der Membranen, von denen er secernirt wird, je nach der anatomischen Natur der letzteren dem Pflaster-, Cylinder- oder Flimmerepithelium angehörend. Dieselben sind dem Schleime meist so reichlich beigemengt, dass sie über den wirklich gelösten Antheil das Uebergewicht haben. Von dem Verhältnisse der Epithelialzellen im Schleim, scheint auch sein grösserer oder geringerer Grad von Undurchsichtigkeit bedingt zu sein.

2) Schleimkörperchen (cytoide Körperchen, mit den Eiterkörperchen identisch), granulirte Zellen mit drei bis fünf Kernen, die besonders auf Zusatz von Essigsäure deutlich hervortreten. Die Menge der Schleimkörperchen in verschiedenen Arten von Schleim ist sehr verschieden. Bei jeder Schleimhautreizung vermehren sie sich ausserordentlich; der catarrhalische Schleim zeigt sie in ungeheurer Menge.

3) Einzelne Zellenkerne, Körnchenzellen (sogenannte Entzündungskugeln), Fetttröpfchen und Molekularkörnchen und zuweilen concentrisch gestreifte, den Amylumkörperchen der Kartoffel sehr ähnliche Gebilde (Hassal'sche Körperchen). Pigmentmoleküle beobachtet man im Lungenschleim bei melanotischen Ablagerungen in den Lungen.

Chemische Bestandtheile des Schleimes.

Wasser, — Mucin, — Albumin (nicht constant), — Fette, — Extractivstoffe, — anorganische Salze. Letztere stimmen mit denen des Blutes überein. Viel Chloralkalien, phosphorsaure und schwefelsaure Alkalien, phosphorsaure Erden und Spuren von Eisenoxyd.

Allgemeines chemisches Verhalten des Schleimes.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Das chemische Verhalten des Schleimes zeigt Abweichungen, die man gegenwärtig so ziemlich allgemein auf den Zustand zurückzuführen sucht, in welchem darin der Schleimstoff enthalten ist. Man nimmt nämlich an, dass derselbe in einigen schleimigen Flüssigkeiten in wirklicher Lösung enthalten sei, während in gewissen Schleimarten, die, wie z. B. der Nasenschleim, sich mit Wasser durchaus nicht mischen und filtriren lassen, der Schleimstoff in einem aufgequollenen Zustande enthalten sein würde, wie das Traganthgummi und der sogenannte Pflanzenschleim. Es ist übrigens unentschieden, ob in den Schleimen mit bloss aufgequollenem Schleimstoff die schleimige Beschaffenheit von aufgequollenen zelligen Gebilden herrührt, oder von einer amorphen ausserhalb den letzteren bestehenden imbibitionsfähigen Masse (Schlossberger). Dass möglicher Weise die Verschiedenheit darin begründet sein könnte, dass der Schleimstoff bei hinreichendem Alkali gelöst, bei mangelhaftem aber ungelöst wäre, ist zuerst von Simon hervorgehoben worden, und wird durch die Vergleichung beider Arten von Schleim zwar nicht entschieden, wohl aber plausibel.

Schleim mit löslichem Schleimstoff, wie ihn Städeler erhielt, indem er Speicheldrüsen mit Glaspulver zerrieb, hierauf einige Male mit

kaltem Wasser auszog und dann die Extraction mit Wasser fortsetzte, liess sich, obgleich fadenziehend, bei hinreichender Verdünnung mit Wasser filtriren. Einige Tropfen Essigsäure unter Umrühren hinzugesetzt, machten die Schleimlösung um so zäher, je mehr Alkali entzogen wurde und bewirkten endlich die Ausscheidung des Schleimstoffs in dicken Flocken. Der so abgeschiedene Schleimstoff ist elastisch, dem Blutfibrin sehr ähnlich und tritt gewöhnlich in Fadenform auf. Durch Alkohol entsteht in den Schleimarten mit gelöstem Schleimstoff ein weisses, faseriges Gerinnsel, welches in Wasser wieder löslich ist. Wird aber derartiger Schleim im Wasserbade zur Trockne abgedampft, so löst sich der Schleimstoff in Wasser nicht wieder auf. Eine verdünnte Auflösung von Schleim der Luft ausgesetzt, bildet nach Scherer's Beobachtung allmählich an der Oberfläche ein feines rahmartiges Häutchen. Vgl. über die Eigenschaften des Mucins übrigens S. 132.

Wenn der Schleim kein Albumin enthält, so wird er in seiner Lösung durch Kochen nicht getrübt, sondern eher dünnflüssiger.

Schleim mit aufgequollenem Schleimstoff, z. B. Nasenschleim, zeigt nach Berzelius folgendes chemisches Verhalten.

Solcher Schleim ist in Wasser nicht löslich, kann aber darin bis zur vollkommenen Durchsichtigkeit aufquellen, wobei sich jedoch diese Flüssigkeit in Fäden ziehen lässt, selbst wenn sie noch nicht 1 Proc. Schleim enthält. Bringt man das klare aber fadenziehende Liquidum auf ein Filter, so geht eine dünne Flüssigkeit durch und der Schleim bleibt auf dem Filter, wo er sich nach und nach verdickt. Durch Kochen mit Wasser schrumpft er nicht zusammen und erhärtet nicht. Verdünnte Salpetersäure coagulirt ihn oberflächlich und färbt ihn stellenweise gelb. Digerirt man ihn mit verdünnter Salpetersäure, so löst er sich allmählich zu einer fast farblosen Flüssigkeit auf. Durch Essigsäure dagegen schrumpft er selbst beim Kochen, ohne sich zu lösen, ein. Kaustisches Kali macht ihn momentan schleimiger, alsbald aber löst er sich zu einer dünnen Flüssigkeit auf.

Getrocknet ist der Schleim gelb und undurchsichtig.

Quantitative Zusammensetzung des Schleimes.

Quantitative Zusammensetzung.

Bei einer Flüssigkeit von den Eigenschaften des Schleimes kann von einer exacten quantitativen Analyse nicht die Rede sein und zwar um so weniger, als wir kein Mittel kennen, um das darin wirklich Gelöste von dem Aufgeschwemmten: seinen Formelementen, zu trennen. Doch sind mehrere quantitative Analysen von Schleim ausgeführt, die wir der Vollständigkeit halber mittheilen, aber wiederholt hervorheben, dass ihr Werth ein beschränkter ist.

A.

Bestandtheile für 100 Theile	Schleim aus einer Cyste Scherer	Schleim aus dem Fötusmagen Schlossberger	Ranula-flüssigkeit Gorup-Besanez
Wasser	88·701	98·60	95·029
Feste Stoffe	11·299	1·40	4·971
Mucin	} 10·434 (Mucin, Extractivstoffe, Fette)	0·44	2·986
Extractivstoffe		} 0·10 (Extractivstoffe, Fette)	1·985
Fette			
Anorganische Salze	0·865	0·86	—

B. Quellender Schleim.

Bestandtheile für 100 Theile	Lungen- und Tracheal-schleim		Nasenschleim	
	H. Nasse I.	Wright II.	Berzelius I.	Simon II.
Wasser	95·55	95·60	93·37	88·00
Feste Stoffe	4·45	4·40	6·63	12·00
Mucin	2·37	3·20	5·33	8·40
Extractivstoffe	0·98	0·40	1·04	2·52
Fette	0·29	—	—	0·60
Anorganische Salze . .	0·80	0·50	0·56	—
Chlornatrium	0·58	—	—	—
Schwefelsaures Natrium	0·04	—	—	—
Kohlensaures Natrium .	0·02	—	—	—
Phosphorsaures Natrium	0·01	—	—	—
Phosphorsaures Kalium	0·10	—	—	—
Kohlensaures Kalium .	0·03	—	—	—
Schwefelsaures Kalium und Kieselerde . . .	0·02	—	—	—

Bemerkenswerth erscheint bei diesen Analysen, der verhältnissmässig keineswegs sehr bedeutende Gehalt an festen Stoffen, trotz der gewöhnlich so bedeutenden Consistenz des Secretes.

Ein wässeriger Extract aus dem Schleimgewebe des Nabelstranges gab Obolensky auf Zusatz von Essigsäure einen Niederschlag, der sich im Ueberschusse der Säure löste. Durch Fällen des wässerigen Anzuges mittelst Alkohol, und Behandlung des Niederschlages mit verdünnter Schwefelsäure erhielt er den beim Mucin S. 134 bereits näher beschriebenen reducirenden Körper.

Ueber die Veränderungen des Schleimes durch physiologische und pathologische Einflüsse existiren chemische Untersuchungen nicht.

Schleim bei Nasen-catarrh.

Die in dem Höhestadium des Nasencatarrhs secernirte Flüssigkeit ist eine nach ihren chemischen Eigenschaften den serösen Transsudaten ähnliche, albuminhaltige und salzreiche Flüssigkeit, allein auch sie kann nicht als reines Transsudat angesehen werden, denn einerseits enthält sie nach den Untersuchungen von A. Buchner noch Schleimstoff, und andererseits zahlreiche wohlausgebildete Schleimkörperchen.

Der Albumingehalt ist für diese Frage bedeutungslos, da auch normaler Schleim nicht selten Albumin enthält. In den späteren Stadien des Schnupfens, wenn der Schleim dicklich und gelb wird, soll nach A. Buchner derselbe ein Fett von eigenthümlicher Beschaffenheit enthalten, welches gelb ist und die gelbe Färbung dieses Schleimes verursacht.

Zum Schleime, trotz einiger Verschiedenheiten, gehören noch das sogenannte Colloid der pathologischen Anatomen und gewisse schleimige Secrete wirbelloser Thiere.

Colloid-materie.

Unter Colloidmasse verstehen die Pathologen den gallertigen oder auch wohl schleimigen Inhalt gewisser pathologischer Neubildungen. Diese Massen sind in kaltem und heissem Wasser gewöhnlich unlöslich, geben beim Kochen mit Wasser keinen Leim, und lösen sich auch nicht in Alkohol und Aether. Wenn sie in den Zustand der Erweichung und Verflüssigung übergehen, lösen sie sich zuweilen in Wasser und gerinnen aber dann beim Kochen nicht, enthalten demnach kein Albumin. Am nächsten kommen die Colloidmassen in ihrem chemischen Verhalten dem Schleimstoff, unterscheiden sich aber davon wenigstens in gewissen Stadien ihrer Entwickelung durch ihre Löslichkeit in Essigsäure. Eichwald jun., welcher den „Colloidstoff" vom eigentlichen Mucin unterscheidet, betrachtet denselben auf Grund seines Verhaltens als einen modificirten Schleimstoff, der Uebergänge vom Mucin zum Schleimpepton darstelle. Die Substanz der sogenannten Colloidkugeln ist weder in kaltem, noch in heissem Wasser, selbst nicht bei längerem Kochen löslich, auch nicht in kalter, oder kochender concentrirter Essigsäure. Durch verdünnte Salpetersäure werden sie gelb, in concentrirter lösen sie sich mit gelber Farbe. In verdünntem Kali sind sie schon in der Kälte löslich; durch Jod werden sie braun, durch Millon's Reagens bräunlichroth.

Die Gallerte aus einem Colloidkrebs der Lungen wurde von Würtz untersucht. Dieselbe, in Wasser unlöslich, wurde beim Abdampfen in eine weisse blätterige Masse verwandelt, die mit Alkohol und Aether

ausgekocht, in ein weisses Pulver überging. In Wasser quoll dieses schnell wieder auf und verwandelte sich in eine Gallerte. Durch längeres Kochen mit Wasser schrumpfte sie zusammen, ohne sich merklich zu lösen. In caustischen Alkalien war die Gallerte löslich, in dieser Lösung bewirkte Essigsäure Trübung. Bei 140° C. getrocknet gab sie bei der Elementaranalyse: Kohlenstoff 48·09, Wasserstoff 7·47, Stickstoff 7·00, Sauerstoff 37·44 Proc. Nach dieser Zusammensetzung wich diese Colloidmasse von allen bekannten Albuminstoffen und Albuminoiden wesentlich ab, näherte sich aber noch am meisten dem Chitin. Mit dem von Würtz untersuchten Körper nahe verwandt, wenn nicht identisch ist das Colloidin, welches Gautier, Cazeneuve u. Daremberg in einer enormen, colloidartigen Geschwulst des Eierstocks auffanden. (C 46·15, H 6·95, N 6·00, O 40·80 Proc.) Dass Uebergänge des Colloids in wirklichen Schleim erfolgen können, scheint den vorliegenden Beobachtungen zufolge mindestens sehr wahrscheinlich.

Schleim der Wirbellosen.

Schleim der wirbellosen Thiere. Alle Mollusken sondern eine schleimige Flüssigkeit ab, die ihre Haut schlüpfrig macht. Dieselbe ist meist farblos, oft ganz glasartig, zuweilen aber auch milchig oder gelblich. Näher studirt ist das sogenannte Limacin, der Schleim von Limax agrestis, und jener von Helix pomatia (Weinbergsschnecke).

Den Schleim der nackten Ackerschnecken fand Braconnot durchsichtig und farblos, bei Zusatz von wenig Wasser gallertig, bei starker Verdünnung mit Wasser einer Albuminlösung ähnlich, schwach alkalisch. Mit Wasser verdünnt, liess er sich filtriren und seine Lösung wurde durch Säuren, durch Gallustinctur, sowie durch Metallsalze niedergeschlagen. Bei gelinder Wärme getrocknet, quoll er in Wasser wieder auf. Beim Kochen gerann seine Lösung nicht. In schwach alkalischem Wasser löste sich der Schneckenschleim vollständig und verwandelte sich dann beim Kochen in eine durchsichtige dem Glaskörper des Auges ähnliche Masse. Blieb die alkalische Lösung, oder auch der ursprüngliche Schleim mit Wasser längere Zeit stehen, so wurde die Lösung dann durch Säuren gar nicht mehr oder unvollständig gefällt. Bringt man die Schnecken in Kalkwasser, so erhält man eine dicke, fadenziehende Flüssigkeit, welche von Säuren zu einer Gallerte coagulirt wird, die beim Filtriren als durchsichtige Masse zurückbleibt.

Limacin.

Von diesem Schleim unterscheidet Braconnot das Limacin. Dasselbe wurde erhalten, indem ein Decoct der nackten Schnecken verdampft, der Rückstand mit wenig Wasser gewaschen, dann mit viel Wasser gekocht wurde. Das kochend heisse Filtrat schied beim Erkalten weisse Flocken: das Limacin, aus. Dasselbe ist weiss, getrocknet leicht zu pulvern, fühlt sich erdig an, löst sich etwas in kaltem Wasser, mehr aber in kochendem, aus dem es beim Erkalten herausfällt. Die Lösung reagirt alkalisch und wird durch Metallsalze gefällt. In alkalischem Wasser ist

das Limacin leicht löslich und in dieser Lösung erzeugen Säuren im Ueberschuss lösliche Niederschläge. In kochendem Weingeist löst es sich zu einer fast farblosen Flüssigkeit, nach deren Verdunsten es unverändert zurückbleibt. Es ist stickstoffhaltig und fault bei längerem Stehen seiner Lösungen an der Luft. Aus Helix pomatia erhielt Schlossberger diesen Körper nicht, dagegen Eichwald sein von dem Scherer'schen in der Zusammensetzung etwas abweichende Mucin (vgl. S. 133).

Neossin.

Dem Schleime sehr nahe steht ferner das Neossin, die thierische Substanz der in China und Ostindien als Leckerbissen hoch geschätzten indianischen Schwalbennester (von *Hirundo esculenta* und *fuciphaga*).

Das Neossin wurde isolirt, indem man die Nester abwechselnd mit Wasser und Alkohol auskochte. Es hinterblieben dabei 90 Proc. einer durchsichtigen Gallerte, die beim Trocknen weiss und leicht zerreiblich wurde.

Das Neossin ist unlöslich in Wasser, Alkohol, Essigsäure, verdünnten Mineralsäuren und in schwach alkalischem Wasser, löslich dagegen unter Ammoniakentwickelung in Kalilauge; Salzsäure erzeugt in der Lösung einen im Ueberschuss des Fällungsmittels löslichen Niederschlag. In Wasser quillt es auf und wird durchsichtig, besonders beim Kochen, jedoch ohne sich zu lösen. Der Schleim fliesst den betreffenden Vögeln während des Nesterbaues aus dem Schnabel.

Nach seiner Elementarzusammensetzung nähert sich das Neossin dem Mucin, ist aber reicher an Kohlenstoff und etwas ärmer an Stickstoff.

Schleimsteine oder Chondroiten.

Schleimsteine. Chondroiten.

Man versteht darunter Concretionen, die sich in von Schleimhäuten ausgekleideten Höhlen und Schläuchen aus dem Secrete dieser Schleimhäute unter pathologischen Bedingungen, zuweilen unter Mitwirkung eines gewissermaassen den Kern liefernden fremden Körpers bilden und vorzugsweise in der Nasenhöhle, der Rachenhöhle, den Tonsillen, Bronchien und den weiblichen Geschlechtstheilen angetroffen werden.

Ihre gewöhnlichen Bestandtheile sind ausser Wasser: verhärteter Schleim, Fette und phosphorsaure und kohlensaure alkalische Erden. Beispiele ihrer quantitativen Zusammensetzung liefert nachstehende Tabelle:

Bestandtheile für 100 Theile	Nasensteine I. Geiger	Nasensteine II. Brandes	Tonsillenstein Laugier	Luftröhrenstein Préval	Lungenstein Gorup-Besanez
Wasser	—	8·93	25·0	—	—
Thierische Materie	23·3	4·52	—	27·5	—
Schleim	—	—	12·5	—	32·46
Fette	—	—	—	—	17·17
Phosphorsaur. Calcium	46·7	79·56	50·0	60·4	50·37 (Phosphorsaur. + Kohlensaures Calcium)
Kohlensaures Calcium	21·7	6·41	12·5	—	
Kohlens. Magnesium	8·3	—	—	12·1	—
Lösliche Salze	Spur	0·58	—	—	Spur

Von Pferden herrührende Schleimsteine wurden von Hahn beschrieben und analysirt.

Bildung des Schleimes.

Bildung des Schleimes.

Für die Bildung des Schleimes hat die Chemie keine verwerthbaren Thatsachen beizubringen vermocht. Die Frage der Genesis des Schleimes ist überhaupt noch nicht befriedigend gelöst, nur so viel kann als ausgemacht gelten, dass der Schleim ein einfaches Transsudat aus dem Blute nicht ist. Schrant und Donders betrachten den Schleim als ein Product der Metamorphose des Inhaltes der Epithelialzellen, Scherer und Virchow dagegen nehmen auch eine ohne Vermittelung von Zellen vor sich gehende Schleimbildung aus colloider und knorpelartiger Substanz an, wobei sie sich besonders auf das Fehlen der Epithelien in manchen schleimhaltigen Cysten, und auf die Umwandlung der Wharton'schen Sulze in Schleim stützen.

Die meisten Anhänger scheinen die Ansicht zu haben, dass der Schleim das Product der allmählichen Auflösung von Zellen sei.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung.

Die physiologische Bedeutung des Schleimes kann man in folgenden Functionen desselben erschöpfend formuliren:

1. Er wirkt als mechanisch und chemisch schützender Ueberzug blut- und nervenreicher Membranen; 2. er ertheilt specifischen Drüsensecreten, mit denen er sich mischt, Eigenschaften, welche weder das

Drüsensecret für sich allein, noch der Schleim für sich besitzt (vergl. unter Speichel); 3. er erscheint zum Theil als Auswurfsproduct, durch welches keineswegs ganz geringe Mengen Stickstoff aus dem Körper ausgeschieden werden.

VII. Chemie des Speichels.

Literatur: Tiedemann u. Gmelin: Die Verdauung nach Versuchen. 1816. I, S. 10. — Donné: Histoire phys. et path. de la salive. Paris 1826. — C. G. Mitscherlich: Pogg. Ann. XXVII, 320. — van Setten: De saliva Dissertat. Groning. 1837. — Wright: On the physiology and pathology of the saliva. 1842. — Frerichs: Im Handwörterb. der Physiol. III, 758. Artikel: Speichel. — Tilanus: De saliva et muco. Dissertat. Amstelod. 1849. — Bidder u. Schmidt: Verdauungssäfte und Stoffwechsel. Mitau 1852. — Jacubowitsch: De saliva Dissert. Dorpati 1853. — C. G. Lehmann: Zoochemie. Heidelb. 1858, S. 13. — Ludwig: Lehrb. der Physiologie. 2te Aufl. Bd. II, S. 338, 623. — Cl. Bernard: Leçons de physiol. experiment. 1856; — Derselbe: Leçons sur les propriétés physiol. et les altérat. pathol. de liquides de l'organisme. 1859. — Pettenkofer: Buchner's Repert. N. F. Bd. XVI, S. 834. — Nicklés: Compt. rend. XLIII, p. 855. — Berzelius: Lehrb. d. Chem. 4te Aufl. IX, 218. — Mialhe: Compt. rend. XX, p. 954. — Moleschott: Physiol. der Nahrungsmittel. 2te Aufl. 1859. — Frerichs u. Städeler: Verhandl. d. naturf. Gesellsch. zu Zürich Bd. IV. — Kölliker u. H. Müller: Verhandl. d. physikal. med. Gesellsch. in Würzburg. Bd. V, S. 213. — Longet: Compt. rend. XLII, 480. — Picard: Thése. Strasbourg. 1856. — Ordenstein: Beitr. zur Anat. und Physiol. v. Eckhard. Bd. II, S. 101. — C. Eckhard: Ebenda 205. — C. Ebstein: De mutationibus microscop. cocti crudique amyli fluido oris tractati. Dissert. Berolini 1859. — di Vintschgau: Atti del istituto veneto di scienze, lettere ed arti. Ser. 3. Vol. IV. — Eckhard Beitr. zur Anat. u. Physiol. III, S. 39. — Derselbe: Arch. of medicine 1862, Nr. XII, p. 354. — Oehl: La saliva umana, studiata colla siringazione dei condotti ghiandolari. Pavia 1864. — Biervliet: Bullet. de l'academie royale de Belgique 1861. Nr. 10. — J. Cohnheim: Arch. f. path. Anat. VIII, S. 221. — W. Kühne: Lehrb. d. phys. Chemie. 1861, S. 1 u. ff. — Bödeker u. Troschel: Pharm. Centralbl. 1854. 771. — Hartwig: Beitrag zur näheren Kenntniss der Wuthkrankheit. Berlin 1829. — Brettel: Eckhard's Beitr. zur Anat. u. Phys. IV, S. 91. — Böttger: Chem. Centralbl. 1870, S. 165. — Scherer: Zeitschr. f. Biologie VI, S. 467. — M. Schiff: Leçons sur la physiologie de la digestion. Red. par E. Levier. I. II. 1868. — Hammarsten: Referat von Panum in Canstatt's Jahresber. N. F. VI, Bd. I. — Roux: Gazetta medico-veterinario di Milano 1871. — Paschutin: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1871, S. 305. — Binz: Berl. klin. Wochenschr. 1871. Nov. — v. Wittich: Arch. f. Physiol. II, S. 193. — Lösch: Unters. a. d. physiol. Laborat. in Würzburg, Hft. 3. 1868, S. 67. — Pflüger: Arch. f. Physiol. I, 686. — Salkowski: Arch. f. path. Anat. LIII, 209. — de Luca u. Panceri: Compt. rend. 1867 II, p. 577. 712. — Kehrer: Zeitschr. f. rat. Med. XXIX, 88. — Rabuteau: Revue des scienc. med. I, 72. — Schiffer: Arch f. Anat. u. Physiol. 1872, S. 464. — Korowin: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1873. Nr. 20. — Hüfner: Journ. f. prakt. Chem. N. F. V, 372. — Rabuteau: Gaz. med. de

Paris 1873, p. 280. — Sten Stenberg: Hygiea, Stockholm. Nr. 7. 1875. — Maly: Ber. über Thierch. V, 292. — Seegen: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1876, S. 849. — Im. Munk: Verhandl. der physiol. Gesellsch. zu Berlin 1876. Nr. 10. — Derselbe: Arch. f. path. Anat. u. Physiol. LXIX (Extraabdruck). — Zweifel: Untersuch. über den Verdauungsapparat der Neugeborenen, Berlin 1874.

Begriffsbestimmung.

Die Mundflüssigkeit oder der Speichel im gewöhnlichen Sinne, ist eine Mischung von heterogenen Secreten, deren relative Mengenverhältnisse wechselnde sind. Zum grösseren Theile stammt sie allerdings von den eigentlichen Speicheldrüsen, allein es haben an ihrer Absonderung auch die kleineren Drüsen der Mundschleimhaut Antheil. Die Natur dieser letzteren Secrete ist von jener des eigentlichen Speicheldrüsensecretes wesentlich verschieden und nähert sich den Absonderungsproducten der übrigen Schleimhäute. Im nüchternen Zustande des Individuums wiegt das schleimige Secret, während der Thätigkeit der Kaumuskeln und der Digestionsorgane, das eigentliche Speicheldrüsensecret vor. Aus diesem Umstande erklären sich viele widersprechende Angaben über den gewöhnlichen Speichel.

Arten des Speichels.

Bei einer wissenschaftlichen Betrachtung hat man daher zu unterscheiden:

1) Gemischten Speichel, d. h. die Mundflüssigkeit oder Speichel im gewöhnlichen Sinne, 2) Speichel der Submaxillardrüsen, 3) Speichel der Parotis oder Ohrdrüse: Parotidenspeichel, 4) Speichel der Sublingualdrüsen.

Am Besten gekannt von diesen verschiedenen Arten des Speichels ist der gemischte Speichel und der Parotidenspeichel, hauptsächlich wohl deshalb, weil die Herstellung eines reinen Secrets aus den übrigen Drüsen Schwierigkeiten darbietet.

A. Gemischter Speichel.

Gemischte Speichel. Physikalische Charaktere.

Physikalische Charaktere. Der gemischte Speichel des Menschen stellt eine farblose, etwas ins Bläuliche ziehende Flüssigkeit dar, von schwach fadenziehender Consistenz, ohne Geruch und Geschmack. Sein specifisches Gewicht wird sehr verschieden angegeben; beim Menschen scheint es zwischen 1·004 und 1·006 schwanken zu können. Die Reaction des normalen Speichels wird von den meisten Beobachtern übereinstimmend als alkalisch bezeichnet, doch wird unter pathologischen Verhältnissen der Speichel nicht selten sauer. Wenn er bei Gesunden sauer ist, so rührt dies von Umsetzungen im Munde gebliebener Speisereste, oder der abgestossenen Epithelien und Speichelkörperchen her. Epithelreicher Speichel wird, bevor er in faulige Zersetzung übergeht, immer erst sauer.

Anatomische Charaktere.

Anatomische Charaktere. Der gemischte Speichel enthält Formelemente aufgeschwemmt, die sich beim Stehen grossentheils als ein

schleimiges grauweisses Sediment absetzen. Die wesentlichen Formelemente des gemischten Speichels sind:

1) Pflasterepithelien von verschiedener Grösse. 2) Speichelkörperchen. Letztere sind histiologisch mit den Schleimkörperchen oder Schleimzellen identisch, gewöhnlich grösser wie die Eiterkörperchen, und zeigen meist auch ohne Anwendung besonderer Reagentien einen grossen linsenförmigen excentrischen Kern.

Die nähere Beschreibung der Formelemente gehört in den Bereich der Histiologie. Abbild. bei Funke: Atl. 2. Ausg., Taf. XIV, Fig. 1.

Chemische Bestandtheile des gemischten Speichels.

Chemische Bestandtheile.

Da der gemischte Speichel das Product einer Mischung, nicht allein der Secrete der verschiedenen Speicheldrüsen, sondern auch der Schleimsecretion der Mundhöhle ist, so muss er nicht nur allein die Bestandtheile des Speichels im engeren Sinne, sondern auch jene des Schleimes enthalten.

a. **Constante Bestandtheile.** Wasser, — Mucin, — Albumin, — verschiedene zum Theil in Wasser, zum Theil in Alkohol lösliche Extractivstoffe, worunter ein diastatisches Ferment, und ein peptonisirendes Ferment, — Fette (spurenweise), — Harnstoff (Piccard, Rabuteau), Rhodankalium, — anorganische Salze, worunter Chlornatrium, Chlorkalium, schwefelsaures Kalium, phosphorsaure Salze der Alkalien und alkalischen Erden und phosphorsaures Eisen.

Absorbirte Gase: Kohlensäure, Sauerstoff, Stickstoff.

b. **Nicht constante Bestandtheile.** Leucin, — Traubenzucker, — Gallenfarbstoff, — Milchsäure, alle diese Körper nur unter pathologischen Verhältnissen nachgewiesen.

Von aussen dem Organismus einverleibt, gehen nach den bisherigen Erfahrungen nach kürzerer oder längerer Zeit in den Speichel über:

Jodmetalle und freies Jod, letzteres als Jodalkalimetall, schon nach wenigen Minuten nach der Einverleibung im Speichel nachweisbar, — Brom und Brommetalle. Entsprechend dem Uebergange des Broms und Jods, fehlt in solchem Speichel eine äquivalente Menge Chlor und es sollen überhaupt nur solche Substanzen in den Speichel übergehen, welche mit den Chloriden des Secretes isomorph sind (W. Kühne), — Quecksilber bei Salivation in Folge des Gebrauchs von Mercurialien und bei dem Speichelfluss an Mercurial-Cachexie Leidender. Blutlaugensalz und Eisensalze, in das Blut injicirt, gehen nicht in den Speichel über, aus injicirtem Eisenjodür fand sich das Jod im Speichel wieder, nicht aber das Eisen (Brettel).

B. Speichel der Submaxillardrüsen.

Submaxillardrüsenspeichel.

Derselbe, von der Submaxillardrüse abgesondert und durch den Wharton'schen Gang in die Mundhöhle ergossen, kann bei Menschen und Thieren durch Einführung einer Canüle in den Ductus Whartonianus gewonnen werden.

Der menschliche Submaxillardrüsenspeichel, so wie ihn Eckhard erhielt, war wasserhell, anfänglich dünnflüssig, bei längerer Secretion zäher und sich durch Flocken trübend, von alkalischer Reaction. Beim Kochen, sowie durch Salz- und Salpetersäure fand Trübung statt. Rhodankalium konnte nicht nachgewiesen werden. Nach Eckhard zeigt endlich der menschliche Submaxillarspeichel ein geringeres specifisches Gewicht und enthält weniger feste Stoffe wie der Parotidenspeichel. Oehl dagegen fand den menschlichen Submaxillarspeichel nicht selten dichter wie Parotidenspeichel.

Nach den Versuchen von Eckhard, Adrian und Cl. Bernard liefern die Submaxillardrüsen des Hundes zweierlei Speichel, je nachdem die Secretion durch Reizung der von der Chorda tympani, oder der vom Sympathicus stammenden Drüsennerven eingeleitet wird.

Der Chordaspeichel des Hundes ist klar, mässig zähflüssig, constant alkalisch und setzt beim Stehen ein aus organischer Substanz und Calciumcarbonat bestehendes Sediment ab (Jacubowitsch, W. Kühne).

Der Sympathicusspeichel ist immer weisslichgrau und trübe und in der Regel so zähflüssig, dass man damit gefüllte Gefässe umkehren kann, ohne dass etwas ausfliesst. Unter dem Mikroskope zeigt er unregelmässig geformte, weissgelbliche, der Sarkode ähnliche Formelemente von 0·015 bis 0·010 mm D. in grosser Menge. Ein Theil dieser Körperchen ist in Essigsäure löslich, ein anderer nicht. Auf Zusatz eines Gemisches von Essigsäure und einer Lösung von Ferrocyankalium schrumpft ein Theil ein, während andere ein stark körniges Ansehen annehmen (W. Kühne). Das specifische Gewicht des Sympathicusspeichels ist nach den Versuchen von Eckhard höher wie das des Chordaspeichels und ist derselbe, dem entsprechend auch concentrirter. Er reagirt stark alkalisch.

C. Parotidenspeichel.

Parotidenspeichel.

Der reine Parotidenspeichel des Menschen, von C. G. Mitscherlich, van Setten, Cl. Bernard, Ordenstein, Biervliet und Oehl untersucht, aus künstlichen oder spontan entstandenen Speichelfisteln,

oder durch Einführung einer Canüle in den Ductus Stenonianus und Secretionsreizung gewonnen, stellt im Allgemeinen eine wasserhelle, farblose, nicht fadenziehende, unter dem Mikroskope nur wenige Epithelien zeigende Flüssigkeit dar, welche weder Geruch noch Geschmack besitzt und gewöhnlich deutlich alkalisch reagirt. Ordenstein fand die Reaction des Parotidenspeichels im normalen Zustande stets alkalisch, im nüchternen Zustande aber sauer oder neutral, jedoch waren nur die ersten Tropfen sauer, dann wurde die Reaction neutral und noch später alkalisch. Oehl, welcher Aehnliches beobachtete, leitet die im Beginn der Secretion saure Reaction von freier Kohlensäure ab, nach deren Entweichen unter Abscheidung von Calciumcarbonat dieselbe alkalisch wird. Das specifische Gewicht des menschlichen Parotidenspeichels schwankt zwischen 1·0031 und 1·0041.

Die chemischen Bestandtheile des Parotidenspeichels wurden vorzugsweise von C. G. Lehmann, allerdings aber nur bei jenem der Pferde genauer untersucht. Nach diesem Chemiker hätte man als constante Bestandtheile desselben anzusehen:

Wasser, — Kalium, Natrium und Calcium in Verbindung mit Kohlensäure und mit einem dem Paraglobulin ähnlichen organischen Körper — Extractivstoffe, — das Kaliumsalz einer der Fettsäuregruppe angehörigen schwer flüchtigen Säure (Capronsäure?), — Chlornatrium und Chlorkalium, sehr wenig phosphorsaure Salze und eine Spur schwefelsauren Alkalis. Nach Gobley und Poiseuille enthält der Parotidenspeichel constant Harnstoff, was bei den übrigen Speichelarten nicht der Fall sein soll, dagegen enthält er kein Mucin (Gurlt), weshalb ihm auch die fadenziehende Beschaffenheit abgeht.

Im menschlichen Parotidenspeichel vermisste Oehl Rhodankalium niemals. Auch bei Hunden, Katzen, Kaninchen und Schafen fand es sich. Brettel dagegen konnte im Parotidenspeichel des Schafes Rhodan nicht nachweisen.

D. Speichel der Sublingualdrüsen.

Sublingualdrüsenspeichel.

Derselbe ist noch zäher und fadenziehender wie jener der Submaxillardrüsen, fast so klebrig wie Leim und durchscheinend. Er reagirt alkalisch. Er enthält, namentlich wenn er durch Druck entleert wird, zahlreiche Speichelkörperchen. Seine chemischen Bestandtheile sind nicht für sich ermittelt, doch soll er Rhodankalium enthalten (Longet). Das durch Einführung einer Canüle in den Ductus Rivinianus erhaltene spärliche Secret der menschlichen Sublingualdrüsen war stärker alkalisch als jenes der Submaxillardrüsen, klar, cohärent wie Schleim (Oehl).

Das Secret der in ihrem Baue mit den Speichel- und Mundschleimdrüsen übereinstimmenden Orbitaldrüse des Hundes fand Kehrer fadenziehend und von neutraler Reaction. Es enthielt einen Eiweissstoff, aber kein zuckerbildendes Ferment.

Allgemeines chemisches Verhalten des Speichels.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Der Temperatur des kochenden Wassers ausgesetzt, wird der Speichel trübe und beim Parotidenspeichel verschwindet die durch Kochen erzeugte Trübung auf Zusatz von Salpetersäure nicht. Nach Verdünnung mit viel Wasser wird aus Submaxillarspeichel durch Kohlensäure ein Eiweisskörper in feinen Flocken niedergeschlagen, welcher sich beim Schütteln mit Luft wieder auflöst. Durch Erwärmen mit Essigsäure wird ein anderer Theil der vorhandenen Eiweisskörper gefällt. Alkohol fällt aus dem filtrirten Speichel weisse Flocken. Gerbsäure erzeugt ein flockiges Präcipitat, ebenso neutrales essigsaures Blei; ähnlich verhalten sich Bleiessig, Mercuronitrat und Sublimat. Essigsäure, Ferrocyankalium, Salzsäure, Schwefelsäure, Kali, Ammoniak sowie Alaun geben keinerlei charakteristische Reaction. Eisenchlorid ruft im Speichel wegen seines Gehaltes an Rhodankalium eine dunkelblutrothe Färbung hervor. Silbernitrat fällt Chlorsilber und Rhodansilber. Ein mit Guajaktinctur getränkter und hierauf durch sehr verdünnte Kupfervitriollösung gezogener Papierstreifen färbt sich durch Speichel blau (Böttger); ebenso bläut frischer Speichel ein Gemenge von Jodkaliumstärkekleister und Wasserstoffsuperoxyd; diese letztere Fähigkeit scheint in annähernd umgekehrtem Verhältnisse zum Gehalte des Speichels an Rhodankalium zu stehen, und wird durch absichtlichen Zusatz des letzteren geschwächt (Schaer). Der Parotidenspeichel nicht allein des Pferdes und pflanzenfressender Säugethiere, sondern auch jener fleischfressender Thiere trübt sich an der Luft wie Kalkwasser und setzt ein Sediment von Calciumcarbonat ab. Neben diesem fällt aber dabei immer eine organische Materie mit nieder; man glaubte früher, da die Trübung der Flüssigkeit von der Oberfläche auszugehen pflegt, dass dieselbe auf der Trennung des Calciums von organischer Materie und Bindung des ersteren an Kohlensäure der Luft beruhe; allein C. G. Lehmann hält es nach seinen Erfahrungen für wahrscheinlicher, dass Calciumbicarbonat im Parotidenspeichel gelöst ist, das beim Stehen an der Luft sich als Calciumcarbonat ausscheidet.

Speichel führt Amylum und Glykogen in Zucker über.

Eine sehr wichtige Eigenschaft des Speichels ist die, dass er Stärkemehl, vorzugsweise gekochtes in Zucker umzuwandeln vermag. Diese Thatsache, von Leuchs zuerst beobachtet, wurde seither von beinahe allen Forschern, die sich mit diesem Gegenstande beschäftigten, bestätigt. Rohe Stärke verwandelt er bei einer Temperatur, die über 40° C.

liegt, in Dextrin (Nägeli), gekochte aber schon bei gewöhnlicher Temperatur in Zucker. Die Zeit, in welcher diese Umwandlung erfolgt, scheint bei den verschiedenen Speichelarten verschieden zu sein, und bei den einen schon innerhalb weniger Minuten, bei den anderen dagegen erst nach stundenlanger Digestion zu erfolgen. Menschlicher Speichel, welcher sehr rasch zuckerbildend auf Stärkekleister wirkt, wirkt auf rohes Amylum erst bei 2- bis 3stündiger Digestion (Schiff). Auch die Stärkearten scheinen dabei von Einfluss zu sein. Hammarsten beobachtete, dass von menschlichem gemischtem Speichel Maisstärke (roh) schon nach 2 bis 3 Minuten in Zucker verwandelt wurde, während rohe Kartoffelstärke zu dieser Umwandlung 2 bis 4 Stunden brauchte. Hammarsten sieht den Grund dieser Erscheinung in der ungleichen Entwickelung der Cellulose in den verschiedenen Stärkearten. Die verschiedenen Stärkearten, obgleich roh, ergaben nämlich nach wenigen Minuten schon reichliche Zuckerbildung, wenn sie der Einwirkung des Speichels fein gepulvert ausgesetzt wurden. Man hat früher auf Grund von grösstentheils an Thieren angestellten Versuchen angenommen, dass die Eigenschaft des Speichels, Stärke in Zucker zu verwandeln, nur dem gemischten Speichel zukomme, indem der Parotidenspeichel weder für sich, noch mit Mundschleim gemischt, noch endlich das Submaxillardrüsensecret diese Eigenschaft besitze, wohl aber das letztere mit Mundschleim gemischt. Spätere Untersuchungen lassen diese Angaben als irrig erscheinen. Der Parotidenspeichel, welcher aus dem unverletzten Ausführungsgange des gesunden Menschen aufgefangen wird, verwandelt das gekochte Stärkmehl rasch in Zucker (Eckhard, Ordenstein, Oehl), während der aus frisch angelegten Fisteln beim Pferde gewonnene und auch der des Hundes äusserst langsam zuckerbildend auf Stärke wirkt. Zuweilen vermag übrigens auch der wässerige Auszug der Ohrspeicheldrüse das Amylum rasch in Zucker zu verwandeln. — Ein Gemenge von Parotiden- und Submaxillarspeichel wandelt Stärke sehr langsam, ein Gemenge von Parotidenspeichel und Mundschleim zuweilen rasch (Jacubowitsch), zuweilen aber auch sehr langsam in Zucker um (Bidder u. Schmidt). Der mit Vorsicht aus der Submaxillar- und Sublingualdrüse aufgefangene Speichel des Menschen wirkt rasch zuckerbildend (Longet); ein Gemenge endlich von Submaxillardrüsenspeichel und Mundschleim führt, nach beinahe allen Beobachtern übereinstimmend, schon nach wenigen Minuten gekochte Stärke in Dextrin und Zucker, bei längerer Einwirkung in Milch- und Buttersäure über (durch secundäre Spaltung des Zuckers). Nach den Beobachtungen von Schiff wirkt besonders energisch zuckerbildend Meerschweinchenspeichel, und ebenso Parotidenspeichel des Kaninchens (Oehl, Schiff), langsamer wirkt gemischter Speichel des Hundes (Schiff). Parotidenspeichel des Pferdes zeigt geringes, jener der anderen Drüsen gar kein Saccharificationsvermögen (Roux). Daraus folgt, dass die Ernährungsweise der Thiere zum Saccharificationsvermögen ihres Speichels in keiner unzweideutigen Beziehung steht. Auf die dem Amylum ver-

wandten Stoffe: Rohrzucker, Pectin, Gummi, Cellulose, wirkt der Speichel nicht ein (Frerichs).

Bemerkenswerth sind noch folgende Verhältnisse. Die Umwandlung des Amylums in Zucker durch den Speichel wird nicht verhindert durch Neutralisation des alkalischen Speichels, durch Ansäuren mit Essigsäure und mit saurem Magensaft; ein Säureüberschuss dagegen stört die Umsetzung; aus diesem Grunde ist die zuckerbildende Kraft zu Ende, wenn in Folge der weitergehenden Zersetzung bedeutendere Mengen des Zuckers in Butter- und Milchsäure übergegangen sind; aber auch hier beginnt die Zuckerbildung von Neuem, wenn die gebildeten Säuren neutralisirt werden (Cl. Bernard, Schiff). Einmaliges Aufkochen der Mischung aus Stärke und Speichel, Alkoholzusatz, Zusatz von arseniger Säure, hemmen die Zuckerbildung ebenfalls. Kali hebt die zuckerbildende Wirkung des Speichels dauernd auf (Schiff). Menschlicher Speichel verliert durch Erwärmen seine zuckerbildende Kraft, gewinnt dieselbe jedoch aufs Neue nach langem Stehen bei Luftzutritt, jedoch in viel geringerem Grade. Speichelferment, welches schon einmal gewirkt hatte, büsst dadurch an Wirksamkeit ein (Paschutin). Chinin beeinträchtigt das Saccharificationsvermögen des Speichels nicht (Binz), eben so wenig Phenol (Zapolsky), wohl aber übt freie Salicylsäure einen stark hemmenden Einfluss auf das diastatische Ferment des Speichels aus, während salicylsaure Salze ohne Wirkung sind (Stenberg).

Die Angabe älterer Physiologen, dass der Speichel Neugeborener kein Saccharisationsvermögen besitze, ist durch die übereinstimmenden Beobachtungen von Schiffer, Korowin und Zweifel als unrichtig erwiesen. Letzterer fand in den Speicheldrüsen zweier Fötusse kein Ferment, dagegen aber besass das Extract der Parotis von Neugeborenen ein beträchtliches Saccharificationsvermögen. Submaxillardrüsen enthalten vor dem 2ten Lebensmonat, wie es scheint, kein diastatisches Ferment.

Unter dem Namen Ptyalin oder Speichelstoff haben verschiedene Autoren sehr verschiedene Stoffe verstanden, die sie nach sehr abweichenden Methoden aus dem Speichel darstellten, die aber alle ohne Fermentwirkung waren. Es gehören hierher die Ptyaline von Berzelius, Tiedemann u. Gmelin, C. G. Lehmann, Wright u. Mialhe. Alle diese Substanzen waren überdies wenig charakterisirte Gemenge. Glücklicher in der Isolirung des Ferments war Cohnheim.

Diastatisches Ferment von Cohnheim.

Diastatisches Ferment von Cohnheim. Frischer gemischter Speichel von Menschen wird mit Phosphorsäure stark angesäuert und hierauf Kalkwasser bis zur alkalischen Reaction zugesetzt. Der Niederschlag von Calciumorthophosphat, auch die Eiweisskörper und das Speichelferment enthaltend, wird auf ein Filter gebracht und mit destillirtem Wasser ausgewaschen, welches das Speichelferment wieder löst. Aus der wässerigen Lösung wird es durch Alkohol in zarten weissen Flocken gefällt. Zur weiteren Reinigung

wird es aus der wässerigen Lösung wiederholt durch Alkohol gefällt, dann bei niederer Temperatur, am Besten im Vacuum, getrocknet.

So dargestellt, ist es stickstoffhaltig und verbrennt auf Platinblech unter dem Geruche nach verbranntem Horn vollständig. Die wässerige Lösung wandelt Stärke sehr rasch in Zucker um und zwar bei neutraler, schwach saurer und schwach alkalischer Reaction. Die Lösung des Cohnheim'schen Ptyalins wird nicht gefällt durch Tannin, Sublimat und Platinchlorid, wohl aber durch neutrales und basisch-essigsaures Blei. Mit Salpetersäure giebt es die Xanthoproteinsäure-Reaction nicht.

Diastatisches Ferment von Wittich.

Diastatisches Ferment von Wittich. Ein sehr wirksames zuckerbildendes Ferment gewann v. Wittich aus dem Speichel, indem er die zerkleinerten und mit Wasser gewaschenen Speicheldrüsen mit Glycerin extrahirte; aus dieser Lösung konnte das Ferment, ohne seine Wirkung einzubüssen, durch Alkohol gefällt und dann wieder in Wasser gelöst werden.

Die Behauptung Hallier's, dass der Speichel seine Wirksamkeit auf Stärke den ihm beigemischten Pilze Leptothrix verdanke, ist durch die Versuche von Lösch als widerlegt zu erachten.

Ausser Stärkmehl vermag der Speichel auch das Glykogen der Leber in Zucker umzuwandeln, allein diese Umwandlung erfolgt keineswegs sehr rasch und unvollständig (J. Seegen). Dass übrigens das Ferment des Speichels mit jenem der gekeimten Gerste: dem Diastas nicht identisch ist, ergiebt sich aus der Thatsache, dass das diastatische Ferment des Speichels bei 60° schon zerstört wird, während Diastas bei 66° erst zu wirken beginnt. Erwähnung verdient es endlich, dass das Speichelferment Salicin in Saligenin und Traubenzucker ebenso leicht wie Emulsin zu spalten vermag und Tannin in Gallussäure und Zucker zerlegt (Munk).

Peptonbildendes Ferment.

Hüfner hat nach der Wittich'schen Methode aus den Speicheldrüsen des Schweines ein peptonbildendes (Fibrin verdauendes) Ferment dargestellt, welches zugleich diastatisch wirkte. Es enthielt 42·83 bis 43·13 Proc. Kohlenstoff, 7·73 bis 7·99 Proc. Wasserstoff, 14·86 Proc. Stickstoff und 6·1 Proc. Aschenbestandtheile. Ein peptonbildendes Ferment im gemischten Mundspeichel wies auch J. Munk nach und konnte selbes nach der Hüfner'schen Methode auch aus den Speicheldrüsen gewinnen. Dieses Ferment verdaute unter Mitwirkung von 0·2 pr. M. Salzsäure Fibrin ziemlich rasch; ähnlich wie Salzsäure wirkten Milchsäure und Essigsäure, jedoch schwächer. Da Hüfner's Ferment auch in alkalischer Lösung wirksam ist, so hält Munk sein Ferment für verschieden von jenem Hüfner's.

Quantitative Zusammensetzung des Speichels.

Quantitative Zusammensetzung.

Unsere Kenntnisse über die quantitative Zusammensetzung des Speichels sind sehr unvollkommen und müssten es, ganz abgesehen von allen

übrigen Verhältnissen, schon einfach aus dem Grunde sein, weil wir seine Bestandtheile nur zum geringsten Theile qualitativ zu charakterisiren vermögen. Die einzelnen Speichelarten rein, in einer zu quantitativen Analysen genügenden Menge zu beschaffen, stösst namentlich beim Menschen auf grosse Schwierigkeiten, daher besitzen wir auch über die einzelnen Speichelarten keine genaueren quantitativen Analysen.

Methode der Analyse.

Die Analyse des Speichels kann sich daher nur auf einige Bestandtheile desselben: auf die Bestimmung des Wassers, der festen Stoffe, der Epithelien, des Rhodans und der anorganischen Salze beziehen. Die Bestimmung des Wassers, der festen Stoffe und der anorganischen Salze geschieht in ähnlicher Weise, wie beim Blute etc.

Zur Bestimmung der Epithelien und des unlöslichen Schleims, wird eine gewogene Partie Speichel filtrirt. In der Regel geht die Filtration des Speichels, mittelst eines Saugfilters, wenn auch etwas langsam, doch ganz gut vor sich, sollte man jedoch, wegen sehr viscider Beschaffenheit desselben, Befürchtungen in dieser Beziehung hegen, so hätte man nur den Speichel mit Wasser zu verdünnen, wodurch das Filtriren sehr erleichtert wird, oder: man dampft bis nahe zur Trockne ab und setzt dann etwas Essigsäure hinzu, wodurch der Schleim unlöslich wird. Schleim (unlöslichen) und Epithelien sammelt man auf einem bei 100° C. getrockneten und gewogenen Filter, wäscht mit wenig Wasser aus, trocknet bei 100° C. und wägt. Nach Abzug des Gewichtes des Filters erhält man jenes der Epithelien und des Schleims.

Zur Bestimmung des Rhodankaliums (Schwefelcyankaliums) kann man das Filtrat von der Bestimmung der Epithelien etc. verwenden. Dasselbe wird im Wasserbade abgedampft, der Rückstand mit Alkohol ausgezogen, das alkoholische Extract ebenfalls abgedampft und der Rückstand wieder in Wasser gelöst. Der so erhaltene wässerige Auszug wird nun mit chlorsaurem Kalium zum Kochen erhitzt, dann zur heissen Flüssigkeit Salzsäure gesetzt und dadurch aller Schwefel des Schwefelcyans in Schwefelsäure verwandelt. Die so behandelte Flüssigkeit fällt man nun mit Chlorbaryum, sammelt das Baryumsulfat auf einem Filter, dessen Aschengehalt man kennt, wäscht vollständig aus, trocknet, glüht und wägt. Aus dem Gewicht des Baryumsulfates berechnet man jenes des Schwefelcyans, Schwefelcyankaliums, oder Schwefelcyannatriums.

Das Aufnehmen des Speichelrückstandes in Alkohol, abermalige Verdampfen und nachherige Aufnehmen des alkoholischen Extractes in Wasser geschieht, um etwa vorhandene schwefelsaure Salze, die bekanntlich in Alkohol unlöslich sind, ausser Spiel zu bringen. Bei hinreichender Menge von Material kann zur Bestimmung des Rhodankaliums auch eine eigene Partie Speichel, die natürlich nicht filtrirt zu werden braucht, verwendet werden. Oder man nimmt das Alkoholextract in Wasser auf, fällt mit Silbernitrat unter Zusatz von etwas Salpetersäure vollkommen aus, trocknet den Niederschlag ($AgCl + AgCNS$), schmilzt ihn im Silbertiegel mit chemisch reiner Soda und Salpetersäure und bestimmt in der in Wasser aufgenommenen Schmelze die Schwefelsäure durch Fällen mit Chlorbaryum.

Auch colorimetrische Methoden zur Bestimmung des Rhodankaliums im Speichel sind vorgeschlagen, welche sich auf die Farbenintensität des durch Eisenchlorid erzeugten Rhodaneisens, und auf die Intensität der Bräunung eines Bleipapiers, durch den mittelst Zink und Salzsäure aus dem Rhodankalium entwickelten Schwefelwasserstoff gründen.

Genaueres über die Analyse des Speichels findet man in meiner Anleit. zur qualit. u. quantit. zoochem. Analyse. 3te Aufl. S. 398 und bei Hoppe-Seyler: Handb. der phys. und path. chem. Anal. 4te Aufl. S. 441.

A. Gemischter Speichel des Menschen. In 100 Theilen desselben wurden 99·1 bis 99·5 Proc. Wasser, 0·14 bis 0·43 Proc. sogenanntes Ptyalin, 0·14 bis 0·21 Proc. Mucin und Epithel und 0·006 bis 0·01 Proc. Rhodankalium gefunden; der Gehalt an anorganischen Salzen beträgt zwischen 0·19 bis 0·21 Proc., worunter vorwiegend Chloralkalien und Natriumphosphat (Simon, Berzelius, Frerichs, Jacubowitsch, C. G. Lehmann). Sulfate scheinen gar nicht, oder nur in Spuren vorzukommen.

B. Parotidenspeichel. Dieser enthält nach den Analysen von Mitscherlich, van Setten, Jacubowitsch und C. G. Lehmann (die Analysen beziehen sich auf Speichel vom Menschen, Hunde und Pferde): Wasser 98·3 bis 99·5 Proc., Extractivstoffe und Epithelien 0·14 bis 0·62 Proc. und Salze 0·33 Proc.

Ordenstein fand bei seinen Untersuchungen die Procentmengen der festen Stoffe des Parotidenspeichels des Menschen zwischen 5·02 bis 6·16 schwankend, da aber das specifische Gewicht dieses Speichels 1·0031 bis 1·0041 gefunden wurde, während Mitscherlich es bei einer viermal geringeren Menge an festen Stoffen = 1·006 bis 1·008 und Jacubowitsch bei einem mehr wie zehnmal geringeren Gehalte = 1·004 fand, so scheint hier ein Irrthum obzuwalten.

Im Parotidenspeichel des Menschen fand Oehl 0·03 Proc. Rhodankalium.

C. Submaxillar- und Sublingualspeichel. Im Submaxillar- und Sublingualspeichel des Hundes fand Jacubowitsch im Mittel aus zwei Analysen 99·37 Proc. Wasser, 0·63 Proc. Trockenrückstand, 0·44 Proc. organische Materie und 0·26 Proc. anorganische Salze. Im Submaxillarspeichel des Hundes fand Eckhard nach Reizung des Sympathicus 97·3 Proc. Wasser, nach Reizung der Chorda 98·7 Proc.; im Sublingualspeichel fanden Bidder und C. Schmidt nur 90·02 Proc. Wasser.

Im menschlichen Submaxillarspeichel fand Oehl 0·0036 Proc. Rhodankalium.

Aus allen diesen Analysen muss gefolgert werden, dass der Speichel im Allgemeinen sehr arm an festen Stoffen ist und zu den wasserreichsten Secreten zählt.

Zusammensetzungs-Schwankungen des Speichels unter physiologischen Bedingungen.

Einfluss physiologischer Bedingungen.

Die namentlich von C. Ludwig und seinen Schülern Becher und Setschenow über den Einfluss gewisser physiologischer Bedingungen auf die chemische Zusammensetzung des Speichels angestellten Versuche beziehen sich zunächst nur auf den Gehalt des Speichels an Wasser, festen Stoffen und gewissen Salzen. Diese Versuche, sowie andere von Adrian, Eckhard und Cl. Bernard angestellten, haben ergeben:

Es nimmt der Gehalt an festen Stoffen ab 1) mit der Dauer der Speichelsecretion. Hierbei sind es vorzugsweise die organischen Stoffe, welche die Verminderung erleiden; diese werden in einer langen Speichelungszeit bis zur Hälfte oder bis zum Viertel des ursprünglichen Gehaltes herabgedrückt, während der Salzgehalt sich entweder gar nicht, oder nur wenig ändert; 2) nach Einleitung der Secretion durch Reizung der Chorda tympani (Eckhard, Adrian, Cl. Bernard); 3) bei durch Geschmacksreflexe eingeleiteter Secretion (Cl. Bernard).

Der Gehalt an festen Stoffen ist vermehrt: 1) im Anfange einer Speichelungsperiode; 2) bei durch Reizung des Sympathicus eingeleiteter Speichelsecretion.

Der Salzgehalt des Speichels vermehrt sich um ein Geringes bei bedeutender Steigerung des Kochsalzgehaltes des Blutes.

Dagegen erleidet merkwürdigerweise die Zusammensetzung des Speichels keine Veränderungen durch eine beträchtliche Vermehrung des Wassers des Blutes, welche man durch Injection von Wasser in die Venen erzeugt hat (Becher, Ludwig).

Unabhängig ist ferner die Zusammensetzung des Speichels von der Absonderungsgeschwindigkeit; der in der späteren Zeit der Speichelungsperiode gewonnene Speichel ist immer ärmer an festen Stoffen, als der früher abgesonderte, gleichgültig ob der eine oder der andere rasch oder langsam, also bei grösserer oder geringerer Nervenerregung abgesondert wurde (Ludwig, Setschenow).

Die Angaben von Donders und Wright, dass der nach dem Fressen der Thiere gewonnene Speichel reicher an festen Stoffen sei, wie der von nüchternen Thieren secernirte, müssen ebenfalls noch erwähnt werden.

Quantitative Zusammensetzung der Speichelgase.

Zusammensetzung der Speichelgase.

Die Gase des alkalischen Submaxillarspeichels zweier Hunde durch Reizung der *Chorda* gewonnen, waren nach den Versuchen von Pflüger in nachstehender Weise zusammengesetzt:

	In 100 ccm Speichel		In 100 Vol. Gas	
	I.	II.	I.	II.
Sauerstoff	0·4	0·6	0·80	0·91
Auspumpbare Kohlensäure	19·3	22·5	38·36	34·04
Kohlensäure durch Phosphorsäure ausgetrieben	29·0	42.2	59·45	63·84
Stickstoff	0·7	0·8	1·39	1·21

Nach diesen Analysen ist die Kohlensäure der Hauptbestandthei[1] der Speichelgase und zwar ist mindestens der grösste Theil derselben chemisch gebunden; ja es erscheint zweifelhaft, ob überhaupt freie Kohlensäure vorhanden ist; wenigstens verhielt sich beim Evacuiren der Kohlensäure der Speichel ähnlich wie Natriumbicarbonat. Gegen die Anwesenheit freier Kohlensäure spricht auch, dass nach Versuchen von Kemmerich sich die Alkalescenz des Hundespeichels auch nach stundenlanger Secretion durchaus nicht änderte.

Quantitative Zusammensetzung der Speichelasche.

Zusammensetzung der Speichelasche.

Ueber die quantitativen Verhältnisse der Speichelasche besitzen wir eine einzige Untersuchung. Dieselbe von Enderlin angestellt, bezieht sich auf den gemischten Speichel verschiedener Personen, der vermengt der Analyse unterworfen wurde; auch war die Methode der Einäscherung noch die ältere fehlerhafte, durch welche namentlich leicht ein Verlust an Chlormetallen herbeigeführt werden konnte, lauter Umstände, die den Werth der Analyse sehr zweifelhaft erscheinen lassen, daher wir einfach nur auf die Quelle (Ann. d. Chem. u. Pharm. XLIX. 331) verweisen.

Nach den Versuchen von Salkowski scheinen die Speicheldrüsen Ausscheidungsorgane für Kali zu sein. In den innerhalb 24 Stunden secernirten 515 ccm Speichel eines an *Angina tonsillaris* und *Stomatitis*

Leidenden fand er 0·697 g Kali und 0·116 g Natron. In dieser Beziehung bemerkenswerth ist es, dass nach den Beobachtungen von Kemmerich nach Kalivergiftung starke Salivation eintreten kann.

Zusammensetzungsverschiedenheiten des Speichels unter pathologischen Verhältnissen.

Speichel unter pathologischen Verhältnissen.

Unsere Kenntnisse von den pathologischen Veränderungen des Speichels beschränken sich auf den Nachweis einiger abnormer Speichelbestandtheile, bei an gewissen Krankheiten Leidenden, wobei es aber durch diesen Nachweis nicht im Geringsten entschieden ist, ob diese abnormen Speichelbestandtheile für die betreffenden Krankheiten von diagnostischer Bedeutung sind. Die nach dieser Richtung ermittelten Thatsachen sind folgende:

Es wurden gefunden:

Im sauren Speichel bei Diabetus mellitus: Milchsäure.
Im Speichel bei Leberkrankheiten: Gallenfarbstoff.
Im Speichel eines an Brightischer Krankheit Leidenden: Harnstoff (seither öfter im normalen Speichel nachgewiesen).
Im Speichel einer salivirenden Hysterischen: Leucin.

Sauer reagirender Speichel wurde beobachtet bei entzündlichen Reizungen der ersten Wege, Pleuritis, Encephalitis, Rheumatismus acutus, Febris intermittens, Krebsdyscrasie, Scrophulosis, Phtisis, Rhachitis, Dyspepsie, rundem Magengeschwüre, Diabetes.

Im Anfang der Merkurialsalivation enthält der Speichel viel Schleim beigemischt, reagirt alkalisch und ist reicher an festen Bestandtheilen, wie der normale Speichel, er enthält viel Fett und selten Rhodankalium; später wird er weniger trüb, dünnflüssiger, reich an Speichelkörperchen, enthält Rhodankalium und Quecksilber.

Supponirte deletäre Wirkungen des Speichels in Krankheiten.

Auch deletäre Wirkungen hat man dem Speichel zugeschrieben, welche derselbe in bestimmten krankhaften Zuständen annehmen soll. So bei heftigen Gemüthsaffecten, bei welchen er eine giftige Wirkung entfalten soll (!), bei der Hundswuth, bei welcher der Speichel als Träger des Giftes angesehen wurde. Wright injicirte Hunden menschlichen Speichel und sah darauf Würgen und Erbrechen eintreten, bei Injection in die Venen wollte er gar die Erscheinungen der Hydrophobie beobachten. Jacubowitsch, Bidder und Schmidt wiederholten alle diese Experimente, aber mit negativem Erfolge. Die Bedeutung des Speichels bei der Hundswuth ist jedenfalls noch nicht wissenschaftlich erwiesen. Bruce, Harris und Hartwig versuchten vergebens durch Einimpfung des Geifers toller Hunde, oder durch Zumischung desselben zu Speisen die Krankheit auf andere Thiere zu übertragen.

Zu den pathologischen Verhältnissen des Speichels gehören ausserdem noch die

Speichelsteine.

Speichelsteine. Der Speichel enthält unter seinen normalen Bestandtheilen gewisse Stoffe, die zur Bildung unlöslicher Niederschläge Veranlassung geben können: phosphorsaure Erden und lösliche Kalksalze, die in Calciumcarbonat übergehen können. Tritt eine abnorme Vermehrung derselben ein, so schlagen sie sich nieder und werden entweder von dem abfliessenden Speichel in dem Maasse, wie sie sich bilden, hinweggeführt, oder sie häufen sich an, vereinigen sich zu grösseren Massen und bilden Concretionen.

Speichelsteine bilden sich dann, wenn jener Niederschlag bereits innerhalb der Speicheldrüsen erfolgt und sich zu so grossen Massen verkittet, dass sie das Lumen der Ausführungsgänge übertreffen und nicht mehr ausgeleert werden können. Die so gebildeten Speichelsteine wachsen weiter, indem sie sich durch Juxtaposition vergrössern, und können eine beträchtliche Grösse erreichen. Gewöhnlich sind sie rund oder länglich, von schmutzig-weisser Farbe und bestehen aus concentrischen Lagen von deutlicher Schichtung; zuweilen fehlt aber die Schichtung. Ihre Consistenz ist sehr verschieden. Ihre Hauptbestandtheile sind Calciumcarbonat und Calciumphosphat durch thierische Materie verkittet, wie nachstehende Analysen zeigen.

Bestandtheile für 100 Theile	Wright I.	Wright II.	Wright III.	Bibra IV.	Lecanu V.	Besson VI.	Golding Bird
Calciumcarbonat	81·3	79·4	80·7	13·9	20	15	2
Calciumphosphat	4·1	5·0	4·2	38·2	75	55	75
Magnesiumphosphat . .	—	—	—	5·1	—	1	—
In Wasser lösliche Salze	6·2	4·8	5·1	38·1 (Salze und Materie)	—	—	—
Thierische Materie . . .	7·1	8·5	8·3		5	25	23
Wasser und Verlust . .	1·3	2·3	1·7	6·3	—	2	—

In den Speichelsteinen von Ochsen und Pferden fand Schulze 83 bis 91 Proc. Calciumcarbonat. Immer sollen die Speichelsteine auch Ptyalin, d. h. zuckerbildendes Ferment enthalten.

Weinstein der Zähne.

Erfolgt der Niederschlag nicht in den Speicheldrüsen, sondern erst in der Mundhöhle, so kann er sich an die Zähne anlegen und bildet dann den sogenannten Weinstein der Zähne. Wahrscheinlich aber tragen zur Bildung dieses sogenannten Weinsteins nicht allein die Speicheldrüsen, sondern auch die übrigen kleinen Drüsen der Mundhöhle

bei. Der Weinstein der Zähne ist ähnlich zusammengesetzt wie die Speichelsteine.

Bildung des Speichels (Speichelbereitung).

Speichelbereitung.

Für die Annahme, dass der Speichel kein einfaches Transsudat, sondern ein Product der Wechselwirkung des Blutes und der Speicheldrüsen sei, sprechen dieselben Gründe, welche für die Eigenthümlichkeit anderer Secrete geltend gemacht werden. Man hat im Blute Mucin bisher noch nicht nachzuweisen vermocht und anderseits enthält der Speichel nur Spuren von Albuminstoffen. Auch die eigenthümlichen Verbindungen des Calciums mit organischen Stoffen, welche im Parotidenspeichel vorkommen (vgl. S. 466), scheinen im Blute zu fehlen, so dass demnach die transsudirte Blutflüssigkeit, um in Speichel überzugehen, in den Drüsenräumen wesentliche chemische Veränderungen erleiden muss. Ueber das Zustandekommen dieser Veränderungen und über den Antheil, welchen an selben die Drüse hat, befinden wir uns vollständig im Dunkel. Das Mucin wäre nach der auf Versuche sich stützenden Ansicht von Donders, das Product der Auflösung der Epithelialzellenwandungen der Drüsenbläschen in dem alkalisch-reagirenden Speichel. Für die übrigens auch sonst genügend constatirte Verwandtschaft des Epithelialgewebes und Schleimstoffs wird auch die von Städeler beobachtete Thatsache angeführt, dass Epithelien und Schleimstoff bei der Zersetzung mit verdünnter Schwefelsäure beide viel, und zwar annähernd gleich viel Tyrosin geben. Dagegen wird aber der Deutung Donders's der gewichtige Einwand gemacht, dass der Parotidenspeichel kein Mucin enthält, obgleich die Wandung der Epithelialzellen der Parotis chemisch nicht verschieden ist von der Wandung anderer Epithelialzellen, und obgleich auch der Parotidenspeichel alkalisch reagirt. Ueber die Bildung und Bedeutung des Rhodankaliums wissen wir gar nichts.

Versuche von Becher und Ludwig haben ergeben, dass der Uebertritt der Blutflüssigkeit aus den Capillaren in die Drüsenräume durch die Nerven angeregt wird, und dass diese letzteren auch eine Veränderung der Drüsensubstanz bewirken, in Folge deren dieselbe eine Flüssigkeitsströmung zu bewerkstelligen vermag. Es ergiebt sich dies daraus, weil bei anhaltender Nervenerregung aus den Ausführungsgängen in ununterbrochenem Strome, ein den Drüsenraum weit übertreffendes Speichelvolumen ausfliesst und ferner weil der Druck, unter dem die Flüssigkeit in die Drüse geliefert wird, meist oft viel höher ist, als derjenige, welcher zu gleicher Zeit in der Carotis stattfindet. Ludwig bemerkt mit Recht, dass zu diesem demnach vom Blutdrucke mehr oder weniger unabhängigen Vorgange, die chemischen Umsetzungen in näherer Beziehung stehen mögen, welche in der Drüse bei der Speichelbereitung stattfinden,

und die sich auch durch eine gesteigerte Wärmebildung (die Temperatur des aus der Submaxillardrüse fliessenden Speichels wurde um 1·5° C. höher befunden, wie jene des Blutes der anderseitigen Carotis, Ludwig, Spiess) zu erkennen giebt. Die chemischen Umsetzungen in der Drüse werden ausserdem begünstigt durch die Beschleunigung des Blutstromes, der ebenfalls gleichzeitig mit der Speichelabsonderung eingeleitet wird.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung.

Ueber die physiologische Bedeutung des Speichels sind die Physiologen noch sehr wenig einig. Während die Einen die Rolle des Speichels bei der Verdauung als eine sehr hervorragende bezeichnen, sprechen ihm die Anderen alle und jede physiologische Bedeutung ab, und sehen in ihm nichts weiter wie ein Anfeuchtungsmittel.

Es liegt nahe, die Eigenschaft des Speichels, Stärkmehl in Zucker zu verwandeln, für die physiologische Function desselben zu verwerthen und anzunehmen, dass dem Speichel die Function zukomme, die Amylacea der Nahrungsmittel aufzuschliessen, d. h. in Dextrin und Zucker zu verwandeln; allein demungeachtet wird diese Ansicht von einzelnen Physiologen, namentlich von Cl. Bernard und von M. Schiff bekämpft, indem ersterer die Behauptung aufstellt, dass das zuckerbildende Vermögen dem frischen Speichel gar nicht zukomme, er dasselbe vielmehr erst an der Luft erlange, also unter Umständen, unter welchen auch andere thierische Stoffe und Secrete zu Fermenten werden, während Schiff darauf aufmerksam macht, dass das Verweilen der Nahrungsmittel in der Mundhöhle ein zu kurzes sei, um eine belangreiche Wirkung des Speichels dort zu erzielen, im Magen aber die grosse Verdünnung des Speichels zu berücksichtigen sei. Auch habe man gerade bei Pflanzenfressern das Saccharificationsvermögen des Speichels zum Theil gering befunden. Endlich hat man darauf hingewiesen, dass die Natur im Bauchspeichel ein viel kräftigeres Mittel geschaffen habe, um im Darme Stärkmehl in Zucker zu verwandeln. Dass der gemischte Speichel des Menschen gekochtes Stärkmehl sehr rasch, schon nach wenigen Minuten, in Zucker verwandelt, ist jedoch genugsam erhärtet, und da im Munde immer gemischter Speichel vorhanden und die Temperatur der Mundhöhle ebenfalls eine der Umwandlung günstige ist, so kann um so weniger bezweifelt werden, dass der Aufenthalt in der Mundhöhle, wie er z. B. zum Zerkauen des Brotes erforderlich ist, hinreichend sei, um die Zuckerbildung einzuleiten, als dies von C. G. Lehmann und Schröder direct nachgewiesen wurde. Bei der wenig energischen Wirkung des von Hüfner und Munk in den Speicheldrüsen und im Speichel selbst nachgewiesenen peptonbildenden Fermentes dagegen, dürfte die Bedeutung desselben für die Verdauung um so weniger in Anschlag zu bringen sein,

als diese Wirkung bei dem Munk'schen Fermente überhaupt nur bei Gegenwart von Säuren eintritt, der normale Speichel aber meist schwach alkalisch oder neutral reagirt.

Im Uebrigen wirkt der Speichel als Lösungsmittel für alle in Wasser lösliche Substanzen, die mit der Nahrung in die Mundhöhle gelangen und mechanisch dadurch, dass er die Nahrungsbissen durchfeuchtet, schlüpfrig macht und so die Deglutition erleichtert. Durch seine schaumige Beschaffenheit vermag er atmosphärische Luft dem Magen und Darmcanal zuzuführen (Liebig), und endlich kommt die Speichelsecretion insofern in Betracht, als dadurch ein grosser Theil des Wassers des Blutes, von welchem jenes des Speichels stammt, genöthigt wird, auf Umwegen wieder zu seinem Ausgangspunkte zurückzukehren (intermediärer Wasserkreislauf).

Zur vergleichenden Chemie des Speichels.

Zur vergleichenden Chemie des Speichels. In dem Speicheldrüsensecrete von *Dolium Galea* Lam., einer der grössten Schnecken Siciliens, welches eine farblose, wasserhelle, stark sauer schmeckende und die Zähne stumpf machende Flüssigkeit darstellt, die in Berührung mit Calciumcarbonat heftig braust, haben Bödeker und Troschel merkwürdigerweise 0·4 Proc. freie Salzsäure, — 2·6 Proc. Schwefelsäurehydrat, — 1·4 Proc. schwefelsaure Salze, — 1·6 Proc. Magnesium, Kalium, Natrium, etwas Ammoniak, Calcium nebst organischer Substanz, und 93·8 Proc. Wasser gefunden. Diese Angaben wurden später von de Luca und Panceri bestätigt. Die Letzteren fanden ausserdem in den Speicheldrüsen der Thiere sehr viel Kohlensäure. In den frisch ausgeschnittenen, mit der Luft in Berührung befindlichen Drüsen begann Entwickelung von Kohlensäure, die durch mässiges Erwärmen und beim Eintauchen in verdünnte Säuren reichlicher wurde. Eine Drüse von 75 g lieferte über 206 ccm Kohlensäure. Auch im Speichel vieler anderer Schnecken wiesen de Luca und Panceri freie Schwefelsäure nach, so in mehreren Arten von *Tritonium*, *Cassis*, *Murex*, *Aplysia* u. A. Die Thiere, welche diesen Speichel mit grosser Gewalt zu ejaculiren vermögen, scheinen sich desselben als Waffe gegen ihre Feinde zu bedienen.

VIII. Chemie des Magensaftes.

Literatur: Lehmann: Lehrb. der phys. Chem. 2te Aufl. Bd. II, S. 35; Derselbe: Zoochemie. Heidelberg, 1858, S. 24. — C. Ludwig: Lehrb. der Physiologie. 2te Aufl. Bd. II, S. 356, 625. — Frerichs: Artikel Verdauung im Handwörterbuch der Physiologie. S. 779. — Bidder und Schmidt: Verdauungssäfte u. Stoffwechsel u. s. w. S. 29. — Cl. Bernard: Leçons de physiologie expériment. Paris 1856. — C. Schmidt: Ann. der Chem. u. Pharm. XCII, S. 42. — Hübbenet: Disquisit. de succo gastrico, Dissert. Dorpati 1850. — Schwann: Müller's Archiv 1836, S. 901. — Grünewaldt:

Arch. f. physiol. Heilkunde. XIII, 459. — Succi gastrici humani indoles, Dissert. Dorpati 1853. — Schröder: Succi gastrici humani vis digest., Dissert. Dorpati 1853. — F. Smith: Journ. de Physiologie. I, S. 146. — Knoop Coopmans: Arch. f. holländ. Beiträge Bd. I, S. 1. — Meissner: Zeitschr. f. rat. Medicin. 3. Reihe. Bd. VII, VIII, X, XIV. — Meissner u. Büttner: ebenda XII, 46. — Thiry: ebendas. XIV, 78. — E. Brücke: Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. zu Wien. Bd. XXXVII, 131. ebenda XLIII, 1862, S. 601. — Hoppe-Seyler: Arch. f. path. Anat. Bd. X, 144. — M. Schiff: Arch. d. Heilkunde. II, 229; Mittheil. der Berner naturf. Gesellsch. 1861. Nr. 488, S. 489. — Derselbe: Leçons sur la physiologie de la digestion. I. II. Berlin 1868. — Derselbe: Arch. f. Physiol. III. 620. — Metzler: Beiträge zur Lehre von der Verdauung des Leims u. s. w., Dissert. Giessen. 1860. — Marcet: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXX, 250. — Derselbe: Journ. of the chem. society. 1862, p. 407. — Corvisart: Compt. rend. 1862. II, 62, Ann. d. Chem. u. Pharm. CXXV, 126. — Lussana: Journ. de la Physiol. 1862, p. 282. — Lossnitzer: Einige Versuche über die Verdauung der Eiweisskörper u. s. w. Dissert. Leipzig 1864. — v. Wittich: Königsberg. med. Jahrbücher III, 196. — Derselbe: Arch. f. Physiol. II, 193; Berl. klin. Wochenschr. Nr. 47. — Derselbe: Arch. f. Physiol. III, 339. — Derselbe: Arch. f. Physiol. V, 435. — Derselbe: Arch. f. Physiol. VII, 18. — Derselbe: Arch. f. Physiol. VIII, 444. — de Bary: Physiol. chem. Untersuch. über Eiweisskörper u. Leimstoffe, Dissert. Tübingen 1864. — Domenie: Eenige proeven ter toetsing van Schiff's theorie over de pepsine-vorming. Dissert. Groningen 1863. — F. Pavy: Gazette médicale 1864, p. 220. — Diakonow: Med. chem. Untersuch. v. H. S. II, 241. — Severi: Med. chem. Untersuch. v. H. S. II. 257. — Burkart: Arch. f. Physiol. I. 208. II, 182. — Fede: Contribuzione alla fisiologia della digestione etc. Napoli 1868. — Ad. Meyer: Zeitschr. f. Biologie V, 311. — Valentin (Bacelli): Arch. f. path. Anat. LI, 141. — Ebstein: Ber. d. schles. Gesellsch. f. vaterl. Cultur 1870. 13. Mai. — Brunn u. Ebstein: Arch. f. Physiol. III, 565. — Ebstein u. Grützner: Arch. f. Physiol. VI, 1872, S. 1. — Dieselben: Arch. f. Physiol. VIII, 1873, S. 122. — Dieselben: ebenda VIII, S. 617. — Grützner: Neue Untersuch. über die Bildung und Ausscheidung des Pepsins. Breslau 1875. — Sellden: Upsala läkare förenings förhandlingar VIII, 559. — Hammarsten: Arch. f. Physiol. III, 53. — Hammarsten: Upsala läkare förenings förhandlingar VIII, 565. — Fick: Verhandl. d. phys. med. Gesellsch. z. Würzb. II, 113. — Friedinger: Wien. akad. Ber. LXIV, 1871. Juli. — Lubavin: Med. chem. Unters. v. H. S. IV, 463. — Zapolsky: ebenda IV, 557. — Bellini: Nuovo Cimento (2) IV, 28. Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. IV, 414. — Gruenhagen: Arch. f. Physiol. V, 203. — Leube: Sitzungsber. der med. phys. Soc. zu Erlangen III, 106. — Wolffhügel: Arch. f. Physiol. VII, 1873, S. 101. — Derselbe: Zeitschr. f. Biol. XII, 217. — Schweder: Zur Kenntniss d. Glutinverdauung. Dissert. Berlin. 1867. — Huppert: Ber. d. deutsch. chem. Ges. VI. (1873), S. 1279. — K. Maly: Wien. akad. Sitzungsber. XLIX. März 1874; Mai 1874. Ann. d. Chem. u. Pharm. CLXXIII, 227. — Derselbe: Wiener akad. Sitzungsber. 1877. 2te Abth. Juniheft; Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. I. Heft 3, S. 174. — Etzinger: Zeitschr. f. Biol. X, 34. — Braun: Eckhard's Beitr. z. Anat. u. Physiol. VII, 1. S. 27. — Rabuteau: Gaz. méd. de Paris 1874. Nr. 9. — Derselde: Compt. rend. LXXX, 61. — Laborde: Gaz. méd. de Paris 1874. Nr. 32. 33. 34. — Reoch: Journ. of anat. and physiol. 1874, p. 274. — Ralfe: The lancet. 1874. II, 2. Juli. — Al. Schmidt: Pflüger's Arch. XIII, 93. — Tatarinoff: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1877, S. 275. — A. Ewald: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874, S. 217. — Quincke:

Correspondenzbl. schweiz. Aerzte. 1874. IV, Nr. 1. — Klemensiewicz: Sitzungsber. der Wien. Akad. 1875. III. März. — Zweifel: Untersuch. über den Verdauungsapparat d. Neugeborenen. Berlin 1874. — Moriggia: Moleschott's Untersuch. z. Naturlehre. XI, 455. — Hammarsten: Beitr. zur Anat. u. Physiol. Festgabe, Hrn. C. Ludwig gewidmet von seinen Schülern. Leipzig 1875. — Dittmar Finkler: Arch. f. Physiol. XI, 372. XIV, 128. — J. Müller, Journ. f. pract. Chem. N. F. X, 444. — Ch. Richet: Compt. rend. LXXXIV, 450. — Derselbe: Compt. rend. 5. mars; 25. juin; juillet 1877; Gaz. méd. de Paris 1877. Nr. 27. — Swiecicki: Arch. f. Physiol. XIII, 444. — Ewald u. Kühne: Verhandl. des naturh. med. Ver. zu Heidelberg. I, Heft 5. — Rabuteau u. Papillon: Compt. rend. LXXVII, 135. — Hoppe-Seyler: Arch. f. Physiol. XIV, 395. — J. Moleschott: Untersuch. zur Naturlehre. XI, Heft 5. — D. Szabó; Zeitchr. f. physiol. Chem. Bd. I, Heft 3. S. 140. — A. Bókay: Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. I. Heft 3. S. 157. — W. Kühne: Lehrb. d. physiol. Chem. 1866. S. 24.

Begriffsbestimmung.

Der Magensaft im gewöhnlichen Sinne, ist ein Gemenge verschiedenartiger Secrete: des in den Magen gelangenden Speichels, des von den Schleimdrüsen der Magenschleimhaut secernirten Schleimes und des Secretes der sogenannten Labdrüsen. Der eigenthümliche Typus wird dem Magensafte durch das letztere Secret aufgedrückt; je nachdem aber die beiden anderen Secrete vorwiegen, kann dieser Typus mehr und mehr verwischt werden. So ist festgestellt, dass nach längerer Entbehrung von Nahrung, beim Menschen jedesmal nach dem Erwachen aus dem Schlafe, der Magen eine stark schleimhaltige alkalisch reagirende Flüssigkeit enthält, während nach dem Genusse von Speisen, oder bei Reizung durch feste Körper überhaupt, eine saure Flüssigkeit secernirt wird.

Unter Magensaft im engeren Sinne versteht man immer nur letztere Flüssigkeit, und von dieser wird auch im Folgenden zunächst nur die Rede sein.

Seinen wesentlichen Bestandtheilen nach ist der Magensaft das Secret der, vorzüglich an der grossen Curvatur gürtelförmig ausgebreiteten Labdrüsen, während, wie bereits oben bemerkt, ihm immer noch Speichel und Schleim beigemengt sind. Im sauren Magensafte überwiegt aber das Secret der Labzellen.

Physikalische Charaktere.

Physikalische Charaktere. Klare oder wenig getrübte farblose Flüssigkeit von säuerlich salzigem Geschmack und eigenthümlich säuerlichem Geruch. Das specifische Gewicht des Magensaftes unterliegt bedeutenden Schwankungen, die sich innerhalb 1·001 bis 1·010 bewegen. Ihm eigenthümliche Formelemente enthält der Magensaft nicht; ausser wenigen Labzellen und ihren Kernen, enthält er aber als zufällige Formbestandtheile Schleimkörperchen, aufgequollene und halbzerstörte Cylinderepithelien und Molekularkörnchen. Wegen seines Gehaltes an Pepsin und Peptonen zeigt er eine je nach der Concentration grössere oder geringere lävogyre Circumpolarisation.

Chemische Bestandtheile des Magensaftes.

Chemische Bestandtheile.

Die chemischen Bestandtheile des gemischten Magensaftes sind die des Speichels, des Schleimes und des Labdrüsensecretes. Letztere aber sind weder, wie es scheint, alle constant, noch genügend studirt, so dass durch diese Umstände die Darlegung der chemischen Verhältnisse des Magensaftes nothwendigerweise eine schwankende und vielfach bedingte werden muss.

Ausser Wasser, welches über 98 Proc. des Secretes ausmacht und dem Mucin, das von dem Schleime der Magendrüsen stammt, wurden in dem möglichst speichelfreien Magensafte nachgewiesen: Organische extractive Materien, von denen der in Wasser lösliche Theil: das sogenannte Pepsin, ein eigentliches Verdauungsferment darstellt; Peptone, d. h. Verdauungsproducte der in der Nahrung aufgenommenen Eiweissstoffe und Albuminoide, oder auch wohl der Magenschleimhaut selbst; Fett in Spuren; anorganische Stoffe: hauptsächlich Chlornatrium, dann aber auch Chlorkalium, Chlorammonium, Chlorcalcium, Chlormagnesium, nebst Spuren von Eisenchlorür. Phosphorsaure Erden sind nur in geringer Menge im Magensafte vorhanden, während phosphorsaure und schwefelsaure Alkalien darin ganz zu fehlen scheinen.

Im Magensafte nach dem Genusse von Nahrungsstoffen, oder nach Reizung durch fremde Stoffe, finden sich constant freie Säuren. Ueber die Natur dieser freien Säuren des Magensaftes hat man viel und lange gestritten, während jetzt als constatirt zu betrachten ist, dass allerdings eine Säure constant im reinen Magensafte vorkommt, aber nur unter bestimmten Bedingungen, während auch andere freie Säuren im Magensafte vorkommen können. Diese constant vorkommende Säure ist: freie Salzsäure; aber im unreinen, mit Verdauungsproducten gemischten Secrete findet man meist auch Milchsäure, und zuweilen auch Buttersäure und Essigsäure und zwar soll nach den Beobachtungen von Ch. Richet die Milchsäure, welche am constantesten beobachtet wird, Fleischmilchsäure sein.

Wenn man berücksichtigt, dass der Magen der Sitz einer tiefgreifenden Umsetzung der eingeführten Speisen ist und hier eine wichtige Phase der Verdauung sich vollzieht, so drängt sich von selbst die Frage auf, ob die im Magensafte sich findenden freien Säuren dem Labdrüsensecrete als solchem zukommen, oder ob sie Producte der Verdauung oder der Umsetzungen der Nahrungsstoffe im Magen sind. Bezüglich der Salzsäure kann diese Frage als erledigt betrachtet werden. Freie Salzsäure findet sich nach den übereinstimmenden Beobachtungen der verschiedensten Forscher (Gmelin, Prout, C. Schmidt, Bellini, Rabuteau, Richet, Szabó) gerade in dem Safte, der, aus dem seit vielen Stunden nüchternen Magen, durch mechanische Reizung gewonnen wird; da nun überdies in der weiter unten zu schildernden künstlichen Ver-

dauungsflüssigkeit, Salzsäure ein sehr wesentlicher Bestandtheil ist, so kann es nicht bezweifelt werden, dass die Salzsäure nicht etwa erst im Magen selbst durch Zersetzung von Chlormetallen entstehe, sondern dass sie dem Labdrüsensecrete als solchem eigenthümlich sei. Wird dagegen der Magensaft aus dem gefüllten Magen gewonnen, so ist immer Milchsäure und zuweilen Buttersäure vorhanden, während freie Salzsäure gänzlich fehlt, oder nur in Spuren vorhanden ist (C. G. Lehmann, Schmidt, Heintz, Cl. Bernard, Barreswil, Smith). Laborde hat in neuester Zeit auf Grund wenig beweiskräftiger Versuche die Milchsäure als die constante und charakteristische Säure des Magensaftes bezeichnet und Salzsäure überhaupt darin nicht auffinden können, steht aber mit dieser Behauptung völlig isolirt da. Nach den Beobachtungen von Szabó giebt es Fälle, (bei Dyspepsie?) wo der Magensaft nur Milchsäure enthält, diese aber sind Ausnahmen. Der Annahme, dass die in den Labdrüsen gebildete freie Säure unter Umständen Milchsäure sein könnte, steht an und für sich nichts im Wege, allein sie erscheint wenig wahrscheinlich, weil nicht einzusehen ist, warum die von den Labdrüsen secernirte Säure wechseln sollte; wahrscheinlich ist es vielmehr, dass der Unterschied der Säure des gefüllten und nüchternen Magens daher kommt, weil ursprünglich zwar immer nur freie Salzsäure abgesondert wird, aber diese durch gewisse Salze des Mageninhaltes nach Nahrungsaufnahme neutralisirt werden kann, indem dafür andere Säuren in Freiheit gesetzt werden. Finden sich im Mageninhalte buttersaure oder milchsaure Salze, so müssen diese durch die freie Salzsäure in Chlormetalle und freie Butter- und Milchsäure umgesetzt werden. Da nun nach dem Genusse von Fleisch und Amylaceïs im Magen milchsaure Salze nothwendig vorkommen müssen, so hat das Auftreten freier Milchsäure im Mageninhalte nach derartiger Nahrung nichts Unerklärbares. Seitdem man weiss, dass die Knorpelsubstanz unter gewissen Voraussetzungen bei ihrer Zersetzung Zucker oder einen zuckerähnlichen Körper zu liefern vermag, kann endlich gegen die obige Erklärung die Thatsache, dass sich auch nach der Fütterung mit entfetteten Knochen Milchsäure im Magensafte vorfindet, nicht mehr als Gegengrund angeführt werden.

Abnorme und zufällige Bestandtheile.

Als theils abnorme, theils zufällige Bestandtheile des Magensaftes sind anzusehen:

Gallenfarbstoff und Gallensäuren; sie sollen sich im Magensafte gesunder Menschen und eben getödteter Thiere sehr häufig finden (C. G. Lehmann, Grünewaldt). — Harnstoff bei Urämie und nach der Nephrotomie. Bei Hunden fanden Cl. Bernard und Barreswil nach Exstirpation der Nieren im Anfange der Harnretention keinen Harnstoff, wohl aber viel Salmiak (entstanden aus Ammoniumcarbonat und der freien Salzsäure des Magensaftes). — Ammoniumcarbonat bei Urämie und nach ausgeführter Nephrotomie (Stannius). — Sarcina ventriculi Goodsir (meist bei Magenkrankheiten).

Von in das Blut injicirten fremdartigen Stoffen gehen nach den bisherigen Beobachtungen Jodkalium, Rhodankalium, Eisensalze, Blutlaugensalz und Zucker (Cl. Bernard) in den Magensaft über.

Die bisher gemachten Angaben über die normalen chemischen Bestandtheile des Magensaftes beziehen sich auf Secrete, bei denen durch die Art und Weise der Gewinnung, die Beimengung dem Labdrüsensecrete als solchem fremdartiger Stoffe, namentlich des Speichels und Schleimes, nach Thunlichkeit ausgeschlossen war. Gewöhnlich erzielte man dies auf die Weise, dass man bei Thieren Magenfisteln anlegte und durch diese den Magensaft, dessen Secretion durch Reizung hervorgerufen war, entleerte, nachdem man vorher von der Fistelöffnung aus, den Magen mit Wasser ausgespült hatte. Um den Speichel zu eliminiren, legte man wohl auch (Bardeleben) neben der Magenfistel noch eine Speiseröhrenfistel an, durch welche der verschlungene Speichel nach aussen abfloss, oder man unterband die Ausführungsgänge der wesentlichen Speicheldrüsen (Bidder und Schmidt). Beim Menschen benutzte man die seltenen Fälle, wo Magenfisteln vorkommen (Beaumont, Smith, C. Schmidt, Ch. Richet). — Es muss aber hervorgehoben werden, dass man auf diese Weise zwar Secrete erhält, in welchen das Labdrüsensecret vorwiegt, keineswegs aber hoffen darf, völlig reines Labdrüsensecret unter den Händen zu haben.

Unter jenen Bedingungen, unter welchen die Secretion der eigentlichen Labdrüsen cessirt, findet man den leeren Magen mit einer neutralen oder alkalischen Schleimschicht überzogen. Dieser Schleim stammt grösstentheils aus den cylindrischen Zellen der Magenschleimhaut und von den Schleimdrüsen des Magens. Seine chemischen Bestandtheile weichen, so weit er bisher untersucht werden konnte, von denen der Secrete anderer Schleimhäute nicht ab.

Etwas Schleim ist dem Magensafte aber, auch wenn er auf obige Weise gewonnen wurde, immer beigemischt und von ihm stammt natürlich das Mucin, welches unter seinen Bestandtheilen nachgewiesen wurde. Eliminiren wir daher alle jene Bestandtheile, die möglicherweise und mindestens zum Theil, dem Schleim und Speichel angehören, so haben wir als charakteristische und mit seiner physiologischen Function in nächster Verbindung stehende Bestandtheile desselben:

Wesentliche Bestandtheile.

a) einen organischen in Wasser löslichen Körper: Pepsin, das wirkliche Verdauungsferment, welches unter Mitwirkung freier Säuren, feste und geronnene Albuminstoffe und Albuminoide mehr oder minder rasch löst;

b) Peptone, als Verdauungsproduct der vorher genossenen Eiweisskörper und Albuminoide, oder der Labdrüsenzellen selbst;

c) einen grossen Reichthum an Chlormetallen, worunter Chlorammonium, Chlorcalcium, Chlormagnesium und Eisenchlorür;

d) freie Säuren, und zwar Salzsäure, unter besonderen Umständen auch wohl Milchsäure, oder beide zugleich.

Reinen Magensaft gewann Leube bei zwei darauf eingeübten nüchternen Individuen durch Auspumpen mit der Ploss'schen Sonde nach Einfliessen von 750 ccm Wasser. Derselbe war grünlich gelb, bei der einen Person schwach sauer, bei der anderen neutral. Angaben über die chemischen Bestandtheile des so gewonnenen Saftes fehlen. Seine Verdauungskraft war sehr gering (wahrscheinlich in Folge der starken Verdünnung).

Allgemeines chemisches Verhalten des Magensaftes.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Die Reaction des wahren Magensaftes ist immer entschieden sauer; alkalische Reaction, wo sie sich findet, ist von dem Magensafte als solchem nicht zukommenden Bedingungen abhängig: von absolut oder relativ gesteigerter Schleimabsonderung, ungewöhnlichen Mengen hinabgeschluckten und nicht eliminirten Speichels u. s. w. Die mittlere Acidität des Magensaftes ist annähernd entsprechend 1·7 pr. M. Salzsäure, nie unter 0·5 pr. M. und nie über 3·2 pr. M. Die Flüssigkeitsmenge ist dabei ohne Einfluss, ebenso ist es ohne Einfluss, ob der Magen leer oder gefüllt. Wein steigert die Acidität. Zuckergenuss vermindert sie. Ausserhalb der Verdauung ist sie geringer (Ch. Richet).

Durch Siedhitze wird der Magensaft nicht getrübt; Ferrocyankalium erzeugt darin keine Trübung, eben so wenig erzeugen schwefelsaures Kupfer, Eisenchlorid und Alaun Fällungen. Auch concentrirte Mineralsäuren bewirken keine Trübung, dagegen kohlensaure Alkalien einen leichten Niederschlag, welcher hauptsächlich aus Kalksalzen besteht, die etwas organische Substanz mit sich niedergerissen haben. Quecksilberchlorid erzeugt einen Niederschlag, in welchem ein Theil des Verdauungsfermentes: des Pepsins, enthalten ist. Silbernitrat erzeugt einen reichlichen Niederschlag von Chlorsilber, der aber immer auch o ganische Materie enthält. Auf Zusatz von löslichen Bleisalzen bilden sich Niederschläge von Chlorblei, mit welchen der grössere Theil des Verdauungsfermentes niederfällt. Durch Auswaschen des Niederschlages lässt es sich aber demselben grösstentheils wieder entziehen. Alkohol bringt einen Niederschlag hervor, welcher sich in Wasser allmählich wieder löst, und nach Zusatz einiger Tropfen Salzsäure kräftig verdauend wirkt.

Wird Magensaft abgedampft, so entweicht mit dem Wasser auch Salzsäure; der Rückstand zeigt zahlreiche Kochsalzkrystalle, die in eine syrupartige, gewöhnlich Natriumlactat enthaltende Masse eingebettet sind. Der Magensaft mit Cyanquecksilber vergifteter Thiere der Destillation unterworfen, liefert freie Blausäure in Folge der Zerlegung des Cyanquecksilbers durch die freie Salzsäure (Bellini). Digerirt man Magensaft mit frisch gefälltem Chininhydrat bei + 40 bis + 50°, verdunstet und zieht den Rückstand mit Amylalkohol, oder auch wohl mit Chloroform oder Benzol aus, so erhält man in den Auszügen salzsaures Chinin (Rabuteau). Fluorcalcium wird vom Magensafte angegriffen.

Momente, welche die verdauende Kraft des Magensaftes aufheben oder hemmen.

Das Verdauungsvermögen des Magensaftes wird aufgehoben: durch Kochen, durch Sättigen der freien Säure mit Alkalien, oder mit Calciumphosphat, durch schweflige und arsenige Säure, Gerbsäure, Alaun und die meisten Metallsalze, endlich durch Galle (Hübbenet, Burkart, Hammarsten, M. Schiff); gehemmt: durch Alkalisalze, Sättigung des Magensaftes mit Peptonen oder anderen organischen Substanzen, Gegenwart zu viel freier Säure und reichliche Beimengung von Speichel. Von dem Phenol und von der Salicylsäure weiss man, dass sie die verdauende Wirkung künstlichen Magensaftes auf Fibrin hindern (J. Müller). Ueber den Grund der verdauungstörenden Wirkung der Galle hat man verschiedene Ansichten ausgesprochen, ist aber zu einer Einigung bisher nicht gelangt. Am wahrscheinlichsten ist es, dass durch die freien Säuren des Magensaftes die Gallensäuren gefällt werden, wobei das Pepsin mit niedergerissen wird (Burkart, Hammarsten). Ob die Wirkung der Galle hauptsächlich auf Rechnung des Umstandes kommt, dass durch die Galle die Quellungsfähigkeit des Eiweisses aufgehoben wird (Hammarsten) steht dahin. Zu erwähnen ist noch, dass die Galle Peptonlösungen fällt und dass diese Niederschläge sich nur in überschüssiger Galle auflösen (J. Moleschott). Frischer natürlicher Magensaft hindert oder verzögert die alkoholische Gährung, während weder Pepsin für sich, noch Pepsin mit Salzsäure ähnlich wirkt. Die milchsaure Gährung dagegen wird weder durch natürlichen, noch durch künstlichen Magensaft aufgehalten. Fäulniss wird durch natürlichen Magensaft sistirt (Severi).

Versuche das Verdauungsferment zu isoliren.

Versuche, das Verdauungsferment zu isoliren haben insoferne keinen Erfolg gehabt, als es nicht gelang, dasselbe in einem Zustande zu erhalten, in welchem es als ein chemisch individualisirter Stoff anzuerkennen war. Doch hat man mehr oder weniger wirksame Gemenge auf verschiedenen Wegen erhalten. (Wasmann, Frerichs, C. Schmidt, Brücke, Diakonow, v. Wittich).

C. Schmidt's Pepsin.

C. Schmidt erhielt ein kalkhaltiges Verdauungsferment, indem er Magensaft mit Kalkwasser neutralisirte, das Filtrat zur Syrupconsistenz verdunstete und den Rückstand mit absolutem Alkohol fällte. Der Niederschlag in Wasser gelöst, wurde durch einen Ueberschuss von Quecksilberchlorid gefällt, und der Quecksilberniederschlag durch Schwefelwasserstoff zersetzt. Das Filtrat gab abgedampft, einen schwach gelblichen nicht hygroskopischen Rückstand: Schmidt's Pepsin. Dasselbe enthielt in 100 Theilen: Kohlenstoff 53·0 Proc., Wasserstoff 6·7 Proc., Stickstoff 17·8 Proc., Sauerstoff 22·5 Proc.

Brücke's Pepsin.

Pepsin von Brücke. Auf die Beobachtung, dass Pepsin aus seinen Lösungen niedergerissen wird, wenn feinkörnige Niederschläge in letzteren erzeugt werden, gründete Brücke die nachstehende Methode der Isolirung des Verdauungsfermentes. Die abpräparirte Schleimhaut des Schweinsmagens wird zerschnitten, mit Wasser gewaschen und mit verdünnter Phosphorsäure bei 38° C. so lange digerirt, bis der grösste Theil der Masse gelöst ist. Die filtrirte Lösung wird mit Kalkwasser neutralisirt, der Niederschlag gesammelt, mit Wasser gewaschen, dann in verdünnter Salzsäure gelöst und allmählich mit einer gesättigten Lösung von Cholesterin in 4 Thln. starken Weingeist und 1 Thl. Aether versetzt. Das Cholesterin, welches sich in Form eines feinen

weissen Schlammes auf der Oberfläche absetzt, wird wiederholt mit der Flüssigkeit geschüttelt, dann filtrirt und mit durch Essigsäure angesäuertem Wasser, dann mit reinem Wasser bis zur Entfernung aller Salzsäure gewaschen. Der Cholesterinbrei wird hierauf mit wasserhaltigem Aether behandelt, der Aether abgegossen, die wässerige Flüssigkeit nochmals mit Aether gewaschen und der Aether verdunsten gelassen. Die wässerige, nach dem Filtriren klare Lösung ist eine concentrirte Pepsinlösung, welche nach dem Ansäuern äusserst energisch verdaut. Beim Verdunsten an der Luft hinterlässt sie einen grauweissen, amorphen, stickstoffhaltigen Körper, der sich in nicht angesäuertem Wasser ziemlich schwer löst. Lossnitzer, der das Pepsin nach dieser Methode ebenfalls darstellte, fand die Eigenschaften desselben den Brücke'schen Angaben völlig entsprechend, zugleich aber, dass die Methode mit einem bedeutenden Verluste an Pepsin verbunden ist.

Diakonow's Pepsin.

Diakonow erhielt ein wirksames Pepsin, indem er den bei nüchternen Hunden durch elektrische und mechanische Reizung aus einer Magenfistel gewonnenen Saft filtrirte, und wenn er sich bei der Prüfung albuminfrei erwies, der Dialyse unterwarf, wobei Säuren, Salze und Peptone diffundirten, während Pepsinlösung auf dem Dialysator zurückblieb.

Pepsin ist in der That eine Colloidsubstanz, wie Hammarsten und Wolffhügel bestätigten. v. Wittich glaubt allerdings, dass dies nur für vollkommen säurefreies Pepsin Geltung habe, was aber von Hammarsten bestritten wird.

Wittich's Pepsin.

v. Wittich erkannte in dem Glycerin ein sehr gutes Mittel, um die Verdauungsfermente möglichst wirksam und unverändert zu erhalten. Durch 24 bis 48stündige Einwirkung von absolutem Alkohol auf die zerkleinerte Magenschleimhaut und nachherige Behandlung mit Glycerin lässt sich ihr sämmtliches Pepsin entziehen, ohne dass Fäulniss eintritt, und es wirken die so erhaltenen angesäuerten Extracte sehr energisch verdauend auf Fibrin. Aus der Glycerinlösung lässt sich das Pepsin unbeschadet seiner Wirksamkeit durch ein Gemisch von Alkohol und Aether fällen und auf diese Weise reinigen.

Käufliche Pepsine.

Die nach verschiedenen Methoden bereiteten käuflichen Pepsine sind sehr häufig gänzlich unwirksam. Eine von Scheffer vorgeschlagene Darstellung solchen zu Heilzwecken verwendbaren Pepsins, gründet sich darauf, dass Pepsin aus sauren Auflösungen durch gesättigte Kochsalzlösungen niedergeschlagen wird. Diese Fällbarkeit ist von Sellden bestätigt. Wirksam ist das Präparat nur dann, wenn man die Magenschleimhaut 1 Stunde lang bei Körperwärme digerirt. Auch enthält das Präparat viel Eiweisskörper. Die käuflichen Pepsine liefern niemals Peptone sondern nur Parapepton. Erwärmt man reines Pepsin auf 40 bis 70°, so geht es in eine Modification über, die dann ebenfalls nur Parapeptone (s. u.) liefert. D. Finkler nennt diese Modification Isopepsin.

Künstliche Verdauungsflüssigkeit.

Künstliche Verdauungsflüssigkeit. Eberle hat zuerst gezeigt, dass Auszüge aus Labdrüsen des Magens, oder die Schleimhaut des Magens selbst, mit sehr geringen Mengen freier Salzsäure versetzt, das Vermögen besitzen, auch ausserhalb des Organismus bei der Temperatur des Körpers, verdauende Wirkungen auf Albuminstoffe: gekochtes und nicht gekochtes Eiweiss, Käsestoff, Fleisch u. dergl. auszuüben. Seither wurden derartige künstliche Verdauungsflüssigkeiten nach verschiedenen

Methoden dargestellt: 1) durch Auflösen des Wasmann'schen, Frerichs'schen, C. Schmidt'schen oder Brücke'schen Pepsins in Wasser und Hinzufügen geringer Mengen von Salzsäure oder Milchsäure, 2) durch Aufweichen des bei Luftwärme getrockneten Magens, nachdem er vorher in Stücke zerschnitten war, mit Wasser, 3) durch Extraction der frischen, vorher gereinigten und in Stücke zerschnittenen labdrüsenhaltigen Magenschleimhaut, Herausschneiden derjenigen Stellen der Magenschleimhaut, in welche die Labdrüsen eingebettet sind und Ausspülen mit Wasser, oder Extraction derselben mit Wasser, oder indem man dieselben unter Wasser zwischen Leinwand ausknetete (Schwann, Brücke), 4) durch Darstellung wirksamer Pepsinlösungen nach der v. Wittich'schen Methode.

Die auf eine oder die andere Weise erhaltenen Flüssigkeiten, welche das Verdauungsferment in Lösung enthalten, müssen vorher mit Salzsäure oder Milchsäure angesäuert werden, und stellen dann den sogenannten künstlichen Labsaft dar. Wenn Milchsäure statt Salzsäure angewendet wird, müssen den Versuchen G. Meissner's zufolge, bei gleichem Pepsingehalte bedeutend grössere Mengen von Säure zugesetzt werden, um ein wirksames Präparat zu erhalten, etwa die zehnfache Menge, 1 bis 2 Proc.; auch hier ist dann aber die verdauende Kraft immer schwächer, wie bei der Anwendung der Salzsäure. Phosphorsäure und Weinsäure wirken noch schwächer, Oxalsäure, Bernsteinsäure, Essigsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure sind ganz oder nahezu unwirksam, ebenso saures Calciumphosphat (G. Meissner), von dem Blondlot behauptete, dass von ihm die saure Reaction des Magensaftes abhänge, — und zwar auch dann, wenn Chlorcalcium zugesetzt wird (G. Meissner). Die so erhaltenen Verdauungsflüssigkeiten werden in eine Brütmaschine gebracht, deren Temperatur zwischen + 36 bis 37·5° C. erhalten wird, und hierauf mit den zu verdauenden Substanzen versetzt.

Grünhagen's Methode der Demonstration der Pepsinwirkung.

Zur Demonstration der Pepsinwirkung auf unlösliche Eiweisskörper, z. B. Fibrin benutzt Grünhagen folgende Methode. Man lässt das Fibrin gut gewässert in 0·2procentiger Salzsäure zur Gallerte aufquellen, und bringt es dann auf einen Trichter mit oder ohne Filter. Nachdem die überschüssige Salzsäure abgetropft ist, fügt man der Gallerte einige Tropfen der Verdauungsflüssigkeit (am besten des Wittich'schen Glycerinextractes) mittelst einer Pipette zu. Nach wenigen Minuten schon sieht man Tropfen auf Tropfen in immer schnellerer Folge aus dem Trichterhalse hervortreten, indem die gequollene Masse allmählich in Peptone umgewandelt und verflüssigt wird.

Methode von Grützner.

Eine zu gleichem Zwecke dienende von Grützner ersonnene colorimetrische Methode lässt an Empfindlichkeit nichts zu wünschen übrig. Man färbt völlig weisses Fibrin durch ammoniakalische Carminlösung, entfernt den überschüssigen Farbstoff durch Abspülen mit Wasser, lässt es dann in 0·2procentiger Salzsäure zur Gallerte aufquellen, und setzt Flocken des so rosa gefärbten Fibrins der Wirkung der Verdauungsflüssigkeit aus. Findet Auflösung d. h. Pepsinwirkung statt, so färbt sich die Flüssigkeit roth. Je grösser die Pepsinmenge der zu prüfenden Flüssigkeit, desto schneller erfolgt die Lösung des gequollenen Fibrins und desto rother färbt sich die Flüssigkeit.

Mittelst einer Farbenscala lässt sich die relative Menge des vorhandenen Pepsins durch den Farbenton ausdrücken. Vortrefflich eignet sich dieses Verfahren zum Nachweise geringer Pepsinmengen.

Ueber die Wirkungen künstlicher Verdauungsflüssigkeiten liegen zahlreiche Untersuchungen vor, die es ausser Zweifel setzen, dass die dabei stattfindenden Vorgänge mit dem im Magen selbst stattfindenden grösstentheils übereinstimmen und daher für die Physiologie verwerthbar sind. Wir geben in Nachfolgendem die wichtigeren Resultate dieser Versuche.

Wirkungen der künstlichen Verdauungsflüssigkeit.

Keine Wirkung äussert die künstliche Verdauungsflüssigkeit: auf Horngewebe, Mucin, Nucleïn, Amyloid, Wachs mit seinen verschiedenen Varietäten, Fett, Pflanzenzellstoff und die holzige Verdickungsschicht der Pflanzenzellen.

Einfach lösend wirkt sie: auf die in Wasser löslichen Kohlehydrate (Zuckerarten, Dextrin, Gummiarten?), die Salze der Alkalien mit feuerbeständigen Säuren und auf die phosphorsauren alkalischen Erden. Unter Austreibung der Säuren zersetzt sie die Salze mit schwachen und flüchtigen Säuren.

Chemisch umsetzend und zugleich lösend wirkt sie: auf lösliche und auf coagulirte und unlösliche Eiweissstoffe und die davon derivirenden Albuminoide, so namentlich Leim und leimgebende Stoffe. Von letzteren unterliegen der Verdauung am leichtesten die Sehnen, hierauf folgen die Knorpel und zuletzt die Knochen (Etzinger). Die unlöslichen Albuminstoffe werden mehr oder weniger rasch gelöst, die in alkalischer Lösung befindlichen coagulirbaren, oder die Alkali gebunden haltenden (Caseïn und Albumin etc.) coagulirt sie, um sie dann wieder zu lösen (Schiff, Fede, Fick). Leim wird durch Verdauungsflüssigkeit rasch gelöst. Das so erhaltene Leimpepton gelatinirt nicht mehr (de Bary, Metzler, Fede, Schweder, Tatarinoff, Etzinger), wird ins Blut von Thieren injicirt, mit dem Harne unverändert wieder ausgeschieden (Fede), und diffundirt nicht durch vegetabilisches Pergament (Schweder). Die gelösten Albuminstoffe sind in der Lösung nicht mehr als solche enthalten, sie sind in Peptone verwandelt. Nach den Versuchen von G. Meissner und de Bary entstehen dabei verschiedene durch ihr chemisches Verhalten und durch ihr Polarisationsvermögen unter sich differente Peptone und ausserdem noch Extractivstoffe. Pflanzliche Albuminstoffe verhalten sich bei der künstlichen Verdauung den thierischen vollkommen analog (de Bary). Chondrigene Knorpel geben rasch eine opalisirende Lösung, in welcher ein Körper von den Eigenschaften des Glutins und ein Kupferoxydsalze reducirender nicht gährungsfähiger, sich aber sonst wie Traubenzucker verhaltender nachgewiesen werden konnte (G. Meissner, Kirchner).

Parapepton.

Parapepton nennt Meissner den Niederschlag, der in der sauren opalisirenden Lösung der Albuminstoffe (Albumin, Caseïn, Blutfibrin, Syntonin) durch künstliche Verdauungsflüssigkeit bei 40° C. bewirkt, bei Neutralisation der freien Säure entsteht. W. Kühne hält das Parapepton für identisch mit Syntonin, wohingegen M. Schiff an der Eigenthümlichkeit des Parapeptons festhält und als unterscheidende Merkmale die Nichtfällbarkeit des Parapeptons in sehr schwach angesäuerter Lösung durch Alkohol und durch Siedhitze, sowie seine Unfähigkeit durch Digestion mit Magensaft, oder durch anhaltendes Kochen mit Wasser weiter verändert zu werden, hervorhebt. Nach den Ergebnissen der Beobachtungen von v. Wittich und Lubavin jedoch ist das Endresultat der Verdauung der Eiweisskörper stets die Bildung von Peptonen und sind Parapeptone etc. nur als Vorstufen vergänglicher Art anzusehen.

Die Metapeptone Meissner's sind intermediäre Producte, welche bei weiterer Digestion mit künstlicher Verdauungsflüssigkeit schliesslich in eigentliche Peptone übergehen.

Eine weitere Differenzirung der Peptone, wie sie von G. Meissner versucht wurde, stützt sich auf die abweichenden Eigenschaften der aus verschiedenen Eiweisskörpern erhaltenen Peptone.

Momente, von welchen die Geschwindigkeit der Verdauung der Albuminstoffe abhängig ist.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Lösung und Umwandlung der Albuminstoffe durch künstliche Verdauungsflüssigkeit erfolgt, ist abhängig: a) von der Art und dem Aggregatzustande derselben; b) von dem Gehalte der Verdauungsflüssigkeit an Pepsin und Säure; c) von der Gegenwart eines bestimmten Verhältnisses von Wasser; d) von der Natur der Säure; e) von der Menge der Albuminstoffe, welche in einem bestimmten Volumen Verdauungsflüssigkeit bereits aufgelöst wurden; f) von der Temperatur.

Coagulirte Albuminstoffe werden rascher umgesetzt, wie nicht coagulirte (offenbar deshalb, weil letztere vorher coagulirt werden müssen). Coagulirtes, salzfreies, durch Dialyse gewonnenes Eiweiss wird am leichtesten gelöst, durch Erhitzen von verdünnten Eiweisslösungen geronnenes leichter, wie hartgekochtes der Eier (Al. Schmidt), Caseïn rascher wie die übrigen Albuminstoffe. Höherer Salzgehalt beeinträchtigt die Wirkung des Pepsins. Salzsäure wirkt besser wie Milchsäure, diese besser wie andere Säuren. Bei Anwendung von Salzsäure nimmt mit dem Anwachsen des Säuregehaltes bis zu einer gewissen Grenze die lösende Kraft der Mischung erst zu, dann aber wieder ab. Innerhalb enger Grenzen des Säuregehaltes kommt der künstlichen Verdauungsflüssigkeit ein Maximum der Verdauungsfähigkeit zu. Das für die Verdauung günstigste Verhältniss zwischen Pepsin und Säure ist für die verschiedenen Eiweisskörper ein verschiedenes. Frisches Blutfibrin verlangt 0·8 bis 1 Thl. Säure auf 1000 Thle. Verdauungsgemisch (Brücke). Coagulirtes Albumin 1·2 bis 1·6 Thl. Säure auf 1000 Thle. Verdauungsgemisch (Brücke). Kleber und Caseïn scheinen ein ähnliches Verhältniss zu bedürfen wie Blutfibrin (Koopmans, Meissner).

Auch von dem Pepsingehalte des Verdauungsgemisches ist die Geschwindigkeit der Auflösung bis zu einem gewissen Grade abhängig.

Im Allgemeinen genügen zur Auflösung minimale Quantitäten Pepsins. Weniger wie 1 Theil Pepsin auf 60·000 Theile angesäuerter Verdauungsflüssigkeit genügt, um Stücke geronnenen Albumins bei Blutwärme in wenig Stunden vollständig zu lösen.

Ueber den Einfluss des Pepsingehaltes von Verdauungsgemischen auf die Schnelligkeit der Verflüssigung von Albuminstoffen (Blutfibrin) geben die aus seinen Untersuchungen von Brücke entworfenen Tabellen ebenfalls Aufschluss. Das Verdauungsgemisch enthielt 0·1 Proc. Säure und verschiedene Mengen von Pepsin. Der Pepsingehalt der zweiten Probe war doppelt so gross, wie jener der ersten Probe, der dritten doppelt so gross, wie der der zweiten, u. s. f. War also die Pepsinmenge der ersten Probe x, so war die der zweiten $2x$, u. s. f.

I.		II.	
Pepsingehalt	Verdauungszeit	Pepsingehalt	Verdauungszeit
x	45 Minuten	x	45 Minuten
$2x$	30 „	$2x$	20 „
$4x$	20 „	$4x$	15 „
$8x$	20 „	$8x$	10 „

Von zwei Proben flüssigen Albumins, die mit gleich viel Säure, aber ungleich viel Pepsin versetzt werden, wandelt sich die, welche weniger Pepsin enthält, rascher um als die andere.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Auflösung der festen Albuminstoffe in einer beschränkten Menge künstlicher Verdauungsflüssigkeit vor sich geht, nimmt mit der fortschreitenden Verdauung ab, indem einerseits die Säure wegen der in Lösung gegangenen Eiweisskörper mehr und mehr unwirksam wird, und anderseits auch das Pepsin allmählich seine Wirksamkeit einbüsst; doch zeigt sich nach den Angaben von Brunn und Ebstein keine Verminderung des Pepsingehaltes der Magenschleimhaut in Folge stattfindender Verdauung; dagegen kann zu grosse Concentration der Verdauungsflüssigkeit die Wirksamkeit derselben beeinträchtigen. Jedenfalls ist die Wirkung des Pepsins nicht, wie man auch wohl annahm, eine unbegrenzte, und scheint es allmählich verbraucht zu werden (Grützner). In einem Verdauungsgemische, in welchem die Verdauung aufgehört hat, kann dieselbe durch Zusatz von Wasser oder angesäuertem Wasser wieder in Gang gebracht werden (M. Schiff). Innerhalb gewisser Grenzen nimmt die Schnelligkeit der Auflösung mit der Temperatur zu. Am beschleunigendsten scheint eine zwischen + 35 bis 45° C. liegende Temperatur zu wirken, höhere Temperaturen jedoch wirken verlangsamend, oder heben die Wirksamkeit der Verdauungsfermente gänzlich auf (v. Wittich).

Während man früher zur Ueberführung der Eiweisskörper in Peptone das Pepsin für unentbehrlich hielt, lassen neuere Untersuchungen von Schiff, Lubavin, v. Wittich und Wolffhügel nicht bezweifeln, dass Eiweisskörper bei der Digestion mit verdünnten Säuren

(Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Milchsäure) ohne Pepsin, ja beim anhaltenden Kochen mit Wasser, oder Erwärmen mit Wasser unter stärkerem Drucke in Peptone, oder überhaupt in ähnliche Producte umgewandelt werden können, wie durch das Verdauungsferment. Coagulirte Eiweissstoffe bedürfen dazu längerer Zeit wie uncoagulirte (Schiff); Wärme wirkt fördernd, doch vermag 0·4procentige Salzsäure oder Salpetersäure schon bei + 40 bis + 60° gekochtes Fibrin in Peptone zu verwandeln; Zusatz einer gewissen Menge von Pepsin beschleunigt jedoch den Vorgang.

Man hat Grund zur Annahme, dass die Vorgänge bei der natürlichen Verdauung im Wesentlichen dieselben sind, wie jene bei künstlichen Verdauungsversuchen, insoferne nämlich dabei nur Pepsin und freie Säuren in Frage kommen; allein durch den im Magen wohl niemals ganz fehlenden Speichel und Schleim, und durch die sofortige Resorption des bereits Verdauten, endlich durch die Bewegung der lebenden Organe, werden dieselben jedenfalls vielfach modificirt.

Ob wirksamer Magensaft bereits zur Zeit der Geburt secernirt wird.

Es wurde die Frage aufgeworfen, ob ein wirksamer d. h. pepsinhaltiger Magensaft bereits zur Zeit der Geburt secernirt werde. Nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Al. Schmidt, Hammarsten und Zweifel ist dies bei dem Menschen in der That der Fall. Zweifel fand die Reaction der Magenschleimhaut bei neugeborenen Kindern stets sauer, und lieferte das wässerige Extract derselben mit Salzsäure bei Verdauungsversuchen Peptone. Im Magen neugeborener Hunde dagegen fanden Hammarsten und Wolffhügel kein Pepsin; die Bildung desselben begann nach den Beobachtungen des Ersteren erst in der zweiten Woche, und wurde der Gehalt an Pepsin der normale in der vierten Woche. Aehnliche Beobachtungen machten Zweifel bei Katzen und Wolffhügel bei Kaninchen. Die Säurebildung tritt nach Wolffhügel constant früher auf. In dem Labmagen von Rindsembryonen fand Moriggia bereits gegen das Ende des dritten Fötalmonates die diesem Magen eigenthümlichen Verdauungsfermente.

Theorie der Pepsinwirkung.

Theorie der Pepsinwirkung. Die Erfahrung lehrt, dass Pepsin allein für sich keine verdauende Wirkung ausübt; vielmehr ist Pepsin und freie Säure dazu erforderlich und zwar in einem geeigneten Verhältnisse. Diese wohlconstatirte Thatsache liegt der C. Schmidt'schen Theorie der Pepsinwirkung zu Grunde, der zufolge die Verdauung durch eine gepaarte Säure: die Pepsinchlorwasserstoffsäure, bewirkt würde. Diese gepaarte Säure verbände sich bei der Verdauung mit den Albuminstoffen zu löslichen Verbindungen, deren Verdauung demnach in der Menge der vorhandenen Pepsinchlorwasserstoffsäure eine Grenze fände. Dass ein künstliches Verdauungsgemisch, durch welches nichts mehr verdaut wird, auf Zusatz freier Salzsäure wieder sein verdauendes Vermögen erlange, erklärte C. Schmidt dadurch, dass durch die zugesetzte Salzsäure die Pepsinchlorwasserstoffsäure aus ihrer Verbindung mit dem verdauten Körper ausgeschieden würde und so ihre früheren

Eigenschaften wiedererlange, während die zugesetzte Salzsäure nun mit der verdauten Substanz eine lösliche Verbindung eingehe. Diese Theorie fand seiner Zeit wenig Beifall; neuerdings aber hat man sich ihr wieder mehr zugewendet. Die Form, in welche man die Schmidt'sche Hypothese später gekleidet hat, unterscheidet sich von der ursprünglichen hauptsächlich darin, dass man annimmt, die Pepsinchlorwasserstoffsäure gebe bei der Verdauung an die Albuminstoffe die Salzsäure ab, welche in *statu nascendi* die ersteren in Peptone verwandele, während das frei gewordene Pepsin bei Zutritt neuer Salzsäure wieder wirksam werde. Das Pepsin würde demnach gemäss dieser Theorie die Rolle des Stickoxyds bei der Schwefelsäurefabrikation spielen (W. Kühne). Es müsste dann aber die Wirkung des Pepsins eine unbegrenzte sein, was aber von allen neueren Beobachtern bestritten wird. M. Schiff macht für die Bildung der Pepsinchlorwasserstoffsäure (und auch anderer möglicher Weise sich bildendender ähnlicher gepaarter Säuren) geltend, dass, wie er gefunden, die Wirkung verdünnter Säuren auf lösliches Eiweiss durch Zusatz von Pepsin wesentlich geschwächt werden könne, da die Bildung der gepaarten Säure natürlich die Bindung eines Theiles der Säure voraussetzt; auch hebt er hervor, dass sich unter der Voraussetzung der Existenz der Pepsinchlorwasserstoffsäure auch erkläre, warum zur Verdauung löslichen Eiweisses bestimmte Verdauungsflüssigkeiten einen Ueberschuss von Säure enthalten müssen, da nämlich lösliches Eiweiss um verdaut zu werden, zuerst coagulirt werden muss, diese Wirkung aber die gepaarte Säure nicht ausüben kann. Auch v. Wittich spricht sich für eine lockere Verbindung von Pepsin mit Säure aus und schliesst aus seinen Versuchen, dass Fibrin die Fähigkeit besitze, das Pepsin aus diesen Verbindungen frei zu machen. Eine Hypothese zu sein würde diese Theorie freilich erst aufhören, wenn der Beweis der chemischen Existenz der Pepsinchlorwasserstoffsäure geliefert wäre, der aber bisher noch nicht geliefert ist.

In neuerer Zeit, in welcher den niederen Organismen bei Gährungsvorgängen eine so wichtige Rolle zugeschrieben wird, ist man auch auf den Gedanken gekommen, ob der Verdauungsvorgang durch Pepsin nicht am Ende auf der Entwickelung niederer Organismen beruhe, wobei man daran erinnerte, dass das Pepsin sich besonders geeignet erweist, den Hefepilzen als stickstoffhaltiges Nahrungsmittel zu dienen. Versuche in dieser Richtung angestellt (Ad. Mayer) gaben jedoch ein durchweg negatives Resultat.

Quantitative Zusammensetzung des Magensaftes.

Quantitative Zusammensetzung.

Quantitative Analysen des Magensaftes sind mehrfach angestellt, und zwar ebensowohl beim Menschen, wie bei Thieren, doch beziehen sich dieselben keineswegs auf absolut reine Secrete, da der Speichel bei ihrer Gewinnung entweder gar nicht, oder doch nur unvollkommen eliminirt wurde. Physiologische Aufschlüsse von Bedeutung haben über-

haupt diese quantitativen Analysen nicht gegeben. Wir stellen einige derselben tabellarisch zusammen:

Bestandtheile für 100 Theile	Mensch, speichelhalt. Mittel aus 2 Analysen, C. Schmidt	Hund, C. Schmidt		Schaf, Schmidt	Pferd, Frerichs
		Mittel aus 9 Analys., speichelfrei	Mittel aus 3 Analys., speichelhaltig		
Wasser	99·440	97·30	97·12	98·615	98·28
Feste Stoffe	0·560	2·70	2·88	1·385	1·72
Organische Stoffe	0·319	1·71	1·73	0·405	0·98
Chlornatrium	0·146	0·25	0·31	0·436	
Chlorkalium	0·055	0·11	0·11	0·152	
Chlorcalcium	0·006	0·06	0·17	0·011	
Chlorammonium	—	0·05	0·05	0·047	0·74
Freie Salzsäure	0·020	0·31	0·23	0·123	
Calciumphosphat		0·17	0·23	0·118	
Magnesiumphosphat . .	0·012	0·02	0·03	0·057	
Ferrophosphat		0·01	0·01	0·033	

Für den menschlichen Magensaft berechnen Marcet und ebenso Rabuteau 0·25 Proc., Szabó 0·3 Proc., Ch. Richet 0·17 Proc. Der Letztere fand nie unter 0·32 und nie unter 0·05 Proc. freie Salzsäure. C. G. Lehmann fand in sechs Versuchen im Magensafte mit Knochen gefütterter Hunde 0·098 bis 0·132 Proc. Salzsäure, im Rückstande aber noch ausserdem 0·32 bis 0·585 Proc. freier Milchsäure. Nach Injectionen von sauren oder alkalischen Flüssigkeiten nimmt der Magensaft schon nach einer Stunde seinen normalen Säuregehalt an (Ch. Richet).

Bildung des Magensaftes. Magensaftbereitung.

Magensaft-bereitung.

So wie die Secretion des Speichels, so steht auch nach der Ansicht der meisten und namhaftesten Physiologen jene der Pepsindrüsen unter dem Einflusse der Nerven und es erfolgt die Ausstossung ihres Saftes reflectorisch, auf Reizung der sensibelen Nerven der Schleimhaut, sei es durch Nahrungsstoffe oder Gewürze, sei es durch fremde Körper (Kitzeln mit einer Federfahne bei mit Magenfisteln versehenen Thieren oder Menschen u. s. w.), während in neuester Zeit Braun wahrscheinlich zu machen versuchte, dass bei Fistelhunden der Magensaft continuirlich abgesondert werde. Abgesehen von allen sonstigen Bedenken gegen die

Beweiskraft der angestellten Versuche erscheint eine Verallgemeinerung des Befundes kaum gerechtfertigt.

Die chemische Zusammensetzung des Magensaftes zeigt deutlich, dass derselbe als ein eigenthümliches Secret betrachtet werden muss, und zwar geht das Pepsin vor Allem aus den Pepsindrüsen hervor. In diesen ist es nach den Versuchen Brücke's bereits in reichlicher Menge enthalten und zwar als neutraler Körper (Frerichs, Brücke). Es kann nicht bezweifelt werden, dass es in den Pepsindrüsen selbst gebildet wird; wie dies aber geschieht, welche chemische Vorgänge dabei stattfinden, ist gänzlich unaufgeklärt. Ebenso wenig entschieden ist es, wie das neutrale Pepsin aus den Zellen als saure Flüssigkeit in den Magen gelangt. Da das Pepsin nach den Versuchen von Brücke und G. Meissner viel leichter durch angesäuertes Wasser ausgezogen werden kann, wie durch reines Wasser, so ist es wahrscheinlich, dass es bei der Bildung des Magensaftes im Organismus durch eine saure Flüssigkeit gelöst wird und dann als Magensaft in die Magenhöhle gelangt. Woher stammt aber diese saure Flüssigkeit? Constatirt ist, dass die saure Reaction des Magens auf die Oberfläche der Pepsindrüsen beschränkt ist. Brücke glaubt aus seinen übrigens nur theilweise positiven Versuchen schliessen zu dürfen, dass auch die Säure bereits im Innern der Drüsen gebildet wird. Wenn aber dies auch der Fall ist, so muss sie nach ihrer Bildung rasch aus der Drüse gestossen werden, da die vorsichtig ausgeschnittenen Drüsenkörner des, selbst mit saurer Flüssigkeit gefüllten Magens, häufig neutral oder nur schwach sauer reagiren. Nach zahlreichen und umsichtigen Beobachtungen dürfen wir nicht daran zweifeln, dass wenigstens in den meisten Fällen und wahrscheinlich nur unter gewissen oben erörterten Bedingungen nicht, die freie Säure des Magensaftes Salzsäure ist; freie Salzsäure kann aber hier nicht wohl anders als durch Zerlegung von Chlormetallen entstehen. Es ist schwer, sich darüber Rechenschaft zu geben, wodurch diese Zerlegung erfolgt. Brücke hat die Meinung ausgesprochen, dass, während des Lebens im Innern der Drüsen, Kräfte thätig sein müssen, welche die Säuren nach der einen, die Basen nach der anderen Richtung treiben, so dass die Säuren nach der Magenoberfläche gelangen, während sich die Basen in entgegengesetzter Richtung bewegen. Jene die Säuren und Basen trennenden Kräfte, vermuthet Brücke in Nervenwirkungen wurzelnd, soferne feststeht, dass die Secretion sauren Magensaftes unter dem Nerveneinflusse stattfindet; sowie Nerv im Zusammenhang mit Muskel dessen elektromotorische Eigenschaften plötzlich ändert und dabei bedeutende mechanische Kräfte zur Wirksamkeit bringt, wie ferner Nerv im Zusammenhange mit gewissen anderen Geweben dieselben plötzlich in kräftige elektrische Apparate verwandelt, so würden Nerven in Verbindung mit den Labdrüsen die Fähigkeit besitzen, die Säuren nach deren innerer Oberfläche, die Basen nach der entgegengesetzten Richtung hin zu bewegen. Ralfe machte darauf aufmerksam, dass, wenn man den Strom durch eine Lösung von

Brücke's Hypothese über die Bildung der freien Säure.

Natriumbicarbonat und Chlornatrium leitet, an der Anode Salzsäure, an der Kathode Natriumcarbonat auftrete nach der Gleichung

$$CO_3NaH + NaCl = CO_3Na_2 + HCl,$$

und giebt so der Brücke'schen Hypothese einen Formelausdruck.

Die von R. Maly gemachte Beobachtung, dass die abpräparirte Magenschleimhaut reichliche Mengen von Milchsäure aus Kohlehydraten zu erzeugen vermag, sowie dass Milchsäure Chloride wirklich zersetzt, kann, wie Maly selbst einräumt, für die Quelle der freien Salzsäure des Magens physiologisch nicht verwerthet werden, da die Milchsäurebildung eine gewöhnliche Fermentwirkung ist, welche der frischen Magenschleimhaut nicht zukommt, überdies abgesehen davon, dass die Bildung der freien Salzsäure im nüchternen Magen dadurch doch nicht erklärt würde.

Theorie von R. Maly.

Von besonderer Wichtigkeit für die endgültige Entscheidung der Frage ist eine Untersuchung R. Maly's, aus welcher hervorgeht, dass im Blutserum Stoffe vorkommen und auf einander einwirken müssen, die freie Salzsäure liefern können, nämlich Chloride: Chlornatrium und Chlorcalcium einerseits und Mono- und Dinatriumphosphat: PO_4H_2Na und PO_4HNa_2 anderseits. Da Kohlensäure letzteres Salz in Mononatriumphosphat verwandelt, so müsse auch dieses im Blute enthalten sein. Lässt man aber Mononatriumphosphat auf die genannten Chloride einwirken, so wird in der That Salzsäure frei, und lässt man das Gemenge gegen Wasser diffundiren, so findet man nach einiger Zeit in den oberen Schichten des Diffusates ein Gemenge von Mononatriumphosphat, Chloriden und freier Salzsäure. R. Maly wies aber ausserdem nach, dass das gewöhnliche Phosphat: PO_4HNa_2, auch aus Chlorcalcium Salzsäure frei macht, und man hat hier den Fall, dass eine stark alkalische Flüssigkeit Chloride zerlegt. Maly hält dies für bedingt durch das Bestreben der Phosphorsäure Tricalciumphosphat zu bilden. Zum grösseren Theile verläuft die Zersetzung zwischen Dinatriumphosphat und Chlorcalcium allerdings nach der Gleichung:

$$CaCl_2 + PO_4HNa_2 = 2(NaCl) + PO_4HCa,$$

zum geringeren Theile dagegen im Sinne der Gleichung:

$$3(CaCl_2) + 2(PO_4HNa_2) = 4(NaCl) + 2(PO_4Ca_3) + 2(HCl),$$

daher ist das Filtrat auch immer sauer. Maly ist der Meinung, dass diese Vorgänge auch im Blute stattfinden, welches eine alkalische Flüssigkeit nur in dem Sinne sei, dass es auf Pflanzenpapiere alkalisch reagirt, theoretisch aber neben freier Kohlensäure nur saure Salze enthält. Als die zweite Säurequelle im Blute betrachtet Maly die freie Kohlensäure, soferne dieselbe nach den Erfahrungen über die Vertheilung von Säuren und Basen in Flüssigkeiten auch andere Säuren frei machen kann (z. B. aus Dinatriumphosphat entsteht durch Kohlensäure Mononatriumphosphat, Kohlensäure zerlegt Acetate etc.). Aus einer Flüssigkeit aber, welche saure Salze und freie Säuren enthält, diffundiren letztere

erfahrungsgemäss zuerst und vorwiegend. Das grösste Diffusionsvermögen von allen bekannten Krystalloiden besitzt die Salzsäure. Das einzig Hypothetische für die Erklärung des Auftretens freier Salzsäure im Magensafte liegt daher nach R. Maly nur darin, dass angenommen wird, die Magensaftdrüsen seien von allen nur secernirenden diejenigen, welchen dialytische Abtrennungen der leichter diffundirbaren Substanzen besser als anderen gelingt, und dass sie im Stande sind, die im Blute vorhandenen geringen Mengen freier Säuren, resp. saurer Salze, gleichsam zu sammeln und abzudiffundiren.

Eine andere Frage ist die, wohin die freigewordenen Basen der zerlegten Chloride gelangen. Nach Marcet würde das Natron im Harne wieder erscheinen, dessen saure Reaction zur Zeit der Verdauung abnimmt, ja wohl gar in deutlich alkalische umschlägt (Bence Jones, R. Maly). Meissner hat darauf hingewiesen, dass es näher läge, das freie Alkali des pankreatischen Saftes von dieser Quelle abzuleiten, allein auch eine Beobachtung Quincke's spricht dafür, dass der Harn die Basen aufnimmt. Er fand nämlich, dass durch verstärkte Secretion des Magensaftes (in Folge von wiederholten Auspumpungen) bei einem Patienten, sowie auch bei Fistelhunden die Reaction des Harns stets alkalisch wurde. Man hat auch die Frage aufgeworfen, woher es komme, dass bei Secretion des Magensaftes, ohne gleichzeitiges reichliches Vorhandensein von Verdauungsmaterial, keine Selbstverdauung des Magens stattfinde; eine solche findet aber wirklich statt, wie das constante Vorkommen von Peptonen und halb zerstörten Drüsenelementen im Magensafte beweist; aber dieser Process wird beschränkt durch die beständige Zufuhr alkalischen Bildungsmaterials aus den Ernährungssäften. Wird durch Unterbindung der Blutgefässe des Magens diese Zufuhr aufgehoben, so geht, wie Pavy durch sinnreiche Versuche an Thieren gezeigt hat, die Selbstverdauung während des Lebens über die selbst gezogene Schranke hinaus. Die operirten Thiere bekommen dann perforirende Magengeschwüre.

Ob auch die Drüsen des Pylorus Pepsin bereiten, ist in neuerer Zeit vielfach discutirt. Gegenwärtig wird von den meisten Physiologen zugestanden, dass aus den Pylorusdrüsen Pepsin extrahirt werden könne. Extraction der Pylorusschleimhaut mit Glycerin liefert aber ein sehr schwaches, Extraction derselben mit Chlornatriumlösung dagegen ein sehr wirksames Präparat (Grützner). Die Beobachtung von Klemensiewicz, dass die Pylorusdrüsen ein schleimreiches, pepsinhaltiges, aber stets alkalisch reagirendes Secret liefern, steht bisher vereinzelt da.

Die Versuche, aus denen M. Schiff und später Valentin (Bacelli) folgern wollten, dass die Labdrüsen sich nur bei Gegenwart bestimmter Stoffe (peptogene Stoffe) im Körper oder Blute mit Pepsin „laden" und dass die Schleimhaut verhungerter Thiere keinen wirksamen künstlichen Magensaft liefere, sind ungenügend das zu beweisen, was sie

beweisen sollten und zum Theil selbst experimentell widerlegt (Domenie, Goldstein, Fick, Grützner).

Magensaft niederer Thiere.

Magensaft niederer Thiere. Die kaltblütigen Thiere besitzen ein Magenferment, welches mit dem der Warmblüter nicht völlig identisch sein kann, da es auch bei 0° noch verdauend wirkt (Murisier). Das Pepsin aus der Magenschleimhaut des Hechtes verdaut schneller bei + 15° wie bei + 40° (Hoppe-Seyler), was ebenfalls gegen vollkommene Identität spricht, doch enthält nach den Beobachtungen von Rabuteau und Papillon der Magensaft des Rochen freie Salzsäure. Im Magensafte des Flusskrebses fand Hoppe-Seyler ein dem peptonbildenden Fermente der Bauchspeicheldrüse sehr nahe verwandtes Ferment, welches nur bei neutraler oder alkalischer Reaction wirksam ist, und durch Zusatz von 0·1 Proc. Salzsäure seine Wirksamkeit einbüsst. Der Magensaft des Flusskrebses enthält ausserdem, sowie das Pankreas der höheren Thiere, ein diastatisches und ein Fette zerlegendes Ferment. Bei den Batrachiern finden sich die Pepsindrüsen in grösserer Menge im Oesophagus, wie im Magen (Swiecicki).

Ueber das Milchsäureferment des Labmagens der Wiederkäuer ist so gut wie nichts bekannt (vergl. S. 415).

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Ueber diese sich noch einmal des Breiteren zu ergehen, erscheint vollkommen überflüssig. Dass jedoch dem Magensafte nicht ganz die Aufgabe der Verdauung zufällt, ergiebt sich aus seiner Indifferenz gegen gewisse Bestandtheile der Nahrungsmittel; auch werden wir sehen, dass selbst Eiweisskörper zum Theil seiner Einwirkung entgehen, und mit Beihülfe anderer Säfte gelöst werden.

IX. Chemie des Bauchspeichels.

Literatur: Frerichs: Artikel Verdauung im Handwörterb. der Physiol III, 842. — Bidder u. Schmidt: Verdauungssäfte u. Stoffwechsel. Mitau 1852, S. 240. — C. Schmidt: Ann. d. Chem. u. Pharm. XCII, 33. — Kröger: De succo pancreatico. Dissert. Dorpati 1854. — Kölliker u. H. Müller: Zweiter Bericht über die physiol. Anst. zu Würzburg. Würzburg 1856. — Cl. Bernard: Mémoire sur le Pancreas et sur le rôle du suc pancréatique. Paris 1856. — Ed. Lenz: De adipis concoctione et absorpt. Dissert. Dorpati. 1850. — A. Weinmann: Zeitschr. f. rat. Med. N. F. III, S. 247. — Corvisart: Sur une fonction peu connue du Pancreas. Paris 1858. — G. Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. (3. R.) VII, S. 17. — Derselbe: Verhandl. der naturforsch. Gesellsch. zu Freiburg. Juli 1859. — Keferstein: u. Hallwachs: Göttinger Nachr. 1858. Nr. 14. — Bérard: Gaz. méd. de Paris. 1857. Nr. 17. — Bérard u. Colin: Ebenda Nr. 30. u Nr. 32; Gaz. hébdomad. T. V, p. 4. 1858. — M. Schiff: Moleschott's Untersuch. zur Naturlehre. II, S. 345. — O. Funke: Schmidt's Jahrb. XCVII, I, S. 21. 1858. — Corvisart: Göttinger Nachr. 1859. Nr. 6. — Hoppe-Seyler: Arch. f. path. Anat. XI, S. 96. —

Skrebitzky: De succi pankreat. ad adip. et albuminat. vi atque effectu. Dissert. Dorpati 1859. — Corvisart: Lancet. 1859. I, p. 605. — Derselbe: Zeitschr. f. rat. Med. N. F. VII, S. 119; L'Union méd. 1859. Nr. 87; Compt. rend. 1859. II. Sem. p. 43. — Brinton: Dublin. quarterly journ. of med. science. 1859. Aug. 104. — M. Schiff: Schmidt's Jahrb. Bd. CV, S. 269, Arch. d. Heilk. II, S. 321: Mittheil. d. Berner naturf. Gesellsch. 1861, S. 504; Arch. d. Heilk. III, S. 271; Mittheil. d. Berner naturf. Gesellsch. 1862. — Derselbe: Leçons sur la physiologie de la digestion. Berlin 1868. — Derselbe: Arch. f. Physiol. 1870. S. 622. — Corvisart: L'Union médicale 1861. Nr. 77; Gaz. médicale 1864, p. 287. — Derselbe: Collection de mémoires sur une fonction méconnue du pancreas etc. Paris 1857 bis 1863. — Leared: Gaz méd. 1859. Nr. 46. — v. Wittich, Königsberg. med. Jahrb. III, S. 196. Arch. f. Physiol. II, S. 193. — van Deen: Nederl. Tijdschr. for Geneesk. 1861, S. 67. — A. Danilewsky: Arch. f. path. Anat. XXV, S. 279. — Cohnheim: ebenda XXVIII, S. 251. — Lossnitzer: Einige Vers. über die Verdauung der Eiweisskörper. Dissert. Leipzig 1864. — W. Kühne: Lehrb. der physiol. Chem. Leipzig 1866, S. 111. — Derselbe: Arch. f. path. Anat. XXXIX, S. 130. — Fudakowski: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1867. Nr. 35. — Diakonow: Med. chem. Untersuch. von H.-S. II. S. 241. — Schweder: Zur Kenntniss der Glutinverdauung. Dissert. Berlin 1867. — Senator: Arch. f. path. Anat. XLIII, S. 358. — Lussana: Annali universali di medicina. Ser. IV. LXIX. 1868, p. 416. — Schwerin: Zur Kenntniss der Verdauung der Eiweisskörper. Dissert. Berlin 1867. — Radziewjewsky: Arch. f. path. Anat. XXXVI, 20. — Dobell: Proceed. of th. r. soc. XVI, p. 209. — Paschutin: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1872, S. 97. — Brücke: Wiener akad. Sitzungsber. 1870. LXI, März. — Defresne: Mémoire sur la pancreatine. Paris 1872. — G. Hüfner: Betrachtungen über die Wirkungsweise der ungeformten Fermente u. s. w. Leipzig 1872. — Derselbe: Journ. f. prakt. Chem. N. F. V, S. 372. — Huppert: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VI, (1873) S. 1279. — W. Kühne: Verhandl. des Heidelb. naturh. Vereins N. S. I, Heft 3. 4. u. 5. — Hüfner: Journ. f. prakt. Chem. N. F. X, S. 1; XI, S. 43. — Kunkel: Würzb. Verhandl. VIII, S. 134. — Kistiakowski: Arch. f. Physiol. IX, S. 438. — Heidenhain: ebenda X, S. 557. — Radziejewsky u. Salkowski: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VII, S. 1050. — Knieriem: Zeitschr. f. Biol. XI, S. 198. — Podolinski: Arch. f. Physiol. XIII, S. 422. — A. Liversidge: Journ. of Anat. and Physiol. VIII, 1 part. p. 23. — Nencki: Ueber die Zersetzung der Gelatine und des Eiweisses bei der Fäulniss mit Pankreas. Bern 1876. — Korowin: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1873, S. 261. — Zweifel: Untersuch. über den Verdauungsapparat der Neugeborenen. Berlin 1874. — Heidenhain: Arch. f. Physiol. XIV, S. 457. — G. Weiss: Arch. f. path. Anat. LXVIII, S. 413. — E. Salkowski: Arch. f. path. Anat. Bd. LXX. S. A. u. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1877. Nr. 33. — J. Jeanneret: Untersuch. über die Zersetzung von Gelatine und Eiweiss durch die geformten Pankreasfermente bei Luftabschluss. Dissert. Bern. 1877; auch Journ. f. prakt. Chem. N. F. XV, S. 353.

Das reine Secret des Pankreas oder der Bauchspeicheldrüse, sowie man es durch Anlegung temporärer (Cl. Bernard) oder permanenter (Ludwig) Fisteln seiner Ausführungsgänge erhält, besitzt je nach der Art seiner Gewinnung verschiedene Eigenschaften.

Physikalische Charaktere.

Physikalische Charaktere. Der Bauchspeichel temporärer Fisteln stellt eine klare, zähflüssige, klebrige, farblose, intensiv alkalisch

reagirende geruchlose Flüssigkeit dar, von fade salzigem Geschmack, welche beim Erkalten eine Gallerte abscheidet; das Secret permanenter Fisteln dagegen ist dünnflüssiger, beim Schütteln schäumend und von geringerem specifischen Gewichte. Es scheidet beim Erkalten keine Gallerte aus.

Von Formbestandtheilen findet man im Bauchspeichel temporärer Pankreasfisteln farblose Blutzellen und Speichelkörperchen. Bei günstiger Temperatur zerfliessen die morphotischen Elemente, indem sie verdaut werden (Kühne).

Chemische Bestandtheile des Bauchspeichels.

Chemische Bestandtheile.

Die im Bauchspeichel nachgewiesenen chemischen Bestandtheile sind Wasser, mehrere Eiweisskörper, zuckerbildende, peptonbildende und neutrale Fette zerlegende Fermente, ein butterartiges Fett, verseiftes Fett, in Alkohol lösliche Extractivstoffe und anorganische Salze: Chlornatrium, phosphorsaure und schwefelsaure Alkalien, Calcium- und Magnesiumphosphat, Calciumcarbonat und geringe Mengen von Ferriphosphat. Cl. Bernard giebt unter den anorganischen Bestandtheilen des pankreatischen Saftes vom Hunde auch Natriumcarbonat an. Er sowie Kröger fanden auch Chlorkalium. In dem Bauchspeichel einer Icterischen, den er aus dem stark erweiterten Drüsengange gewann, fand Hoppe-Seyler Harnstoff.

Von aussen dem Organismus einverleibt, geht Jodkalium ziemlich rasch in den Bauchspeichel über, rascher als in Harn und Galle (Cl. Bernard). Zinkoxyd wurde in einzelnen Fällen ebenfalls darin wiedergefunden (Michaelis).

Allgemeines chemisches Verhalten des Bauchspeichels.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Etwas unter 0° abgekühlt, scheidet der Bauchspeichel temporärer Fisteln eine durchsichtige Gallerte aus, in welcher der grösste Theil des gerinnbaren Albumins des Secretes enthalten ist, und welche schwächer alkalisch reagirt, als die darüber stehende Flüssigkeit. Bis auf 72° C. erhitzt, scheidet er ein aus weissen Flocken bestehendes Coagulum ab, auch gerinnt er wohl ganz zu einer compacten weissen Masse (Magendie, Cl. Bernard). Die restirende Flüssigkeit reagirt stärker alkalisch und enthält Alkalialbuminat. In höchst verdünnte Säuren getropft, wird der concentrirt abgeschiedene Saft sogleich starr, mit überschüssiger Säure geschüttelt aber sofort wieder gelöst. Aehnlich ist das Verhalten zu 10procentigen Kochsalzlösungen (Kühne). Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, Metaphosphorsäure, Essigsäure, Metallsalze, Chlor, Brom, Jod, Jodwasserstoffsäure, Gerbsäure und Alkohol bewirken Niederschläge. Der durch Salpetersäure bewirkte färbt sich sehr bald hellgelb, dann orange. Der durch Alkohol und Methylalkohol entstehende Niederschlag löst sich in zugesetztem Wasser auf, der durch Salpeter-

säure entstandene in überschüssiger Säure. Kali, Ammoniak und kohlensaure Alkalien hindern die Coagulation durch Hitze, Alkalien lösen ferner das durch Kochen oder Alkoholzusatz entstandene Coagulum wieder auf. Milchsäure, verdünnte Salzsäure, schweflige Säure, gewöhnliche Phosphorsäure bewirken keine Veränderung.

Bei mittlerer Temperatur an der Luft, geht der Bauchspeichel schon nach wenig Stunden in Zersetzung über; wenn diese Zersetzung beginnt, erlangt er die Fähigkeit, sich mit etwas Chlorwasser gemischt, rosen- bis weinroth zu färben. Bei weiterer Zersetzung verschwindet diese Reaction, dann aber bringt salpetrige Säure haltende Salpetersäure eine ähnliche Röthung hervor (Cl. Bernard). Dabei verliert er seine Zähflüssigkeit, wird trübe und gerinnt beim Erhitzen nicht mehr, sondern wird nur etwas getrübter. Ausserdem nimmt er einen eigenthümlichen, dem des Dünndarminhaltes ähnlichen Geruch an. Bei der Fäulniss des Pankreas und seines Secretes treten massenhaft mikroskopische Organismen auf: Coccosformen und Bacterien, deren Keime bereits in der Drüse des lebenden Thieres enthalten sind (Nencki).

Fermentwirkungen.

Fermentwirkungen des Bauchspeichels. Das Pankreassecret temporärer und permanenter Fisteln besitzt drei für seine Function im Verdauungsprocesse bedeutungsvolle Eigenschaften: 1) es verwandelt Stärke, rohe wie gekochte, beinahe momentan in Traubenzucker; 2) es verdaut in neutraler oder alkalischer Lösung geronnene Eiweisskörper sehr rasch, und führt sie zunächst in Peptone über; 3) es emulgirt Neutralfette und zerlegt sie sodann unter Wasseraufnahme (hydrolytisch) in Glycerin und freie Fettsäuren.

Der Modus dieser Wirkungen, ebenso aber auch die Momente, welche dieselben aufheben, lassen nicht zweifeln, dass das Wirksame eigenthümliche Fermente seien, und nimmt man an, dass der Bauchspeichel, so wie er dreierlei Wirkungen ausübt, so auch drei Fermente enthalte, welche man zu isoliren versuchte. Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, dass die Reinheit keines dieser isolirten Fermente festgestellt ist, und dass auch über ihre Wirkungen geradezu widersprechende Angaben vorliegen, ja es fragt sich, ob nicht ein und dasselbe Ferment alle drei Wirkungen auszuüben im Stande ist.

Versuche, das peptonbildende Ferment zu isoliren.

Versuche, das peptonbildende Ferment des Bauchspeichels zu isoliren wurden von Danilewsky, Lossnitzer, v. Wittich, Hüfner und W. Kühne angestellt. Danilewsky versetzte natürliches Pankreassecret oder Pankreasinfusum mit gebrannter Magnesia im Ueberschusse, filtrirte und schüttelte das Filtrat mit Collodium. Es entstand ein gallertiger Niederschlag, der mit Wasser gewaschen, getrocknet und in Alkohol-Aether wieder gelöst wurde. Hierbei blieb ein gelblicher Bodensatz zurück, der an Wasser einen Körper abgab, der das peptonbildende Ferment enthielt. Die Lösung des so dargestellten Fermentes besass eine blassgelbe Farbe, gab mit verdünnter Salz- oder Essigsäure im

Ueberschusse der Säuren verschwindende Trübungen und verwandelte bei + 35° bis 45° Fibrinflocken in Peptone. Auf Stärke und Neutralfette dagegen wirkte es nicht. Dagegen war im Filtrat des Collodiumniederschlages ein energisch wirkendes diastatisches Ferment enthalten. Lossnitzer, der nach dieser Methode ebenfalls das peptonbildende Ferment darzustellen versuchte, fand letzteres bestätigt, dagegen bestreitet er, dass bei der Auflösung von Fibrin Peptonbildung stattfinde.

v. Wittich stellte das peptonbildende Ferment nach der S. 470 u. 487 beschriebenen Methode durch Extraction der Bauchspeicheldrüse mit Glycerin dar, und erhielt so in der That wirksame Auszüge.

W. Kühne's Trypsin.

W. Kühne erhielt ein sehr wirksames, peptonbildendes Pankreasferment, welches er Trypsin nennt, nach einem ziemlich umständlichen Verfahren. Nach ihm enthalten alle bisher für das peptonbildende Enzym des Pankreas (Pankreatin) gehaltenen Körper einen ganz indifferenten Eiweisskörper, der nicht in seiner Zusammensetzung, wohl aber in seinen Reactionen von den bekannten Eiweissstoffen abweicht (Leukoid). Fällt man die unter Hintanhaltung aller Selbstverdauung dargestellten Drüsenextracte wiederholt mit Alkohol, löst die Fällungen bei 0° in Wasser, fällt abermals mit absolutem Alkohol, löst abermals in Wasser und versetzt mit 1procentiger Essigsäure, so fällt ein Niederschlag von Leukoid. Wird derselbe gut ausgewaschen, so besitzt er kein Verdauungsvermögen. Das Filtrat davon abermals mit Alkohol gefällt, liefert einen Niederschlag von unreinem Trypsin. Von seinen Begleitern, Leukoiden und Verdauungsproducten, befreit man es durch wiederholte Fällung mit Alkohol, dann durch Dialyse und abermalige Fällung mit Alkohol.

Aus der Lösung durch Verdunsten bei + 40° gewonnen, stellt das Trypsin einen schwach strohgelb gefärbten Körper dar, durchsichtig, von eigenthümlicher Elasticität, so dass es zu einer leichten, wolligen Masse aufbröckelt. Es ist in Wasser leicht löslich, unlöslich in Glycerin. Mit Wasser oder Sodalösung bei + 40° digerirt, bleibt es völlig unverändert und bildet keine Spur von Verdauungsproducten. Beim Aufkochen zerfällt die Lösung des Trypsins in coagulirtes Eiweiss und Peptone. Vollkommen coagulirt es nur in saurer Lösung. In wässeriger Lösung löst das Trypsin Fibrin fast momentan. In der Lösung sind Peptone, Antipeptone (Körper, welche durch Trypsin keine weitere Veränderung erfahren), Leucin, Tyrosin und ein mit Chlor und Brom violette Färbung liefernder Körper enthalten. Der Vorgang ist nach Kühne der, dass zuerst von den durch die Magenverdauung gebildeten nicht unterscheidbare Peptone entstehen, die dann sich in Antipeptone und in krystallisirbare Amidosäuren: Leucin, Tyrosin etc. spalten. Durch Säuren gequollenes Collagen verwandelt das Trypsin in Leimpepton, wobei sich weder Leucin noch Glycin bildet. Bindegewebe wird von Trypsin nicht gelöst, aber die eiweissartigen Einlagerungen werden vollkommen daraus entfernt. Auf Stärke und Dextrin wirkt Trypsin nicht. Salicylsäure hemmt die Wirkung des Trypsins nicht. Mit dem Verhalten des Trypsins stimmt das

Verhalten des Bauchspeichels selbst und der Pankreasinfusa gegen Eiweisskörper überein. Dieselben werden mehr oder weniger rasch verdaut.

Wirkung des Bauchspeichels auf Eiweisskörper.

Wird zu den Versuchen Blutfibrin verwendet, so enthält die Lösung Albumin, Pankreaspepton, in seinem chemischen Verhalten nicht verschieden von Magenpepton, Leucin, Tyrosin und nicht näher studirte weitere Umwandlungsproducte. Als erstes Umwandlungsproduct bildet sich stets ein löslicher Eiweissstoff (W. Kühne). Saure Reaction durch Ansäuern befördert diese Wirkung, ist aber nicht unumgänglich. Dieselbe erfolgt auch bei neutraler und alkalischer Reaction (Corvisart, W. Kühne). Bei schwach saurer Reaction scheint mehr Pepton und weniger von den übrigen Producten gebildet zu werden (Kühne). Geronnenes Serumalbumin liefert ohne alle Fäulnisserscheinungen ebenfalls dieselben Producte, namentlich auch Tyrosin (Fudakowski). Leim wird in Leimpepton verwandelt, welches sich wie das Pankreaspepton des Fibrins verhält (Schweder). Alkalialbuminat und durch verdünnte Salzsäure unlöslich gemachtes Albumin werden bei der Digestion mit Bauchspeichel ebenfalls in Pepton, Leucin und Tyrosin verwandelt, aber die Menge unverändert gebliebener Eiweisskörper ist hier viel grösser (Senator). Lussana, welcher die kräftige Verdauung des geronnenen Albumins durch leicht angesäuerten Bauchspeichel ebenfalls beobachtete, ist der Meinung, dass schwach saure Reaction des Verdauungsgemisches allein den normalen Bedingungen im Darme entspreche. Die eiweissverdauende Kraft des Bauchspeichels ist aber von mancherlei Bedingungen abhängig, deren Unkenntniss der Grund zahlreicher widersprechender Angaben gewesen ist. Das Thier muss in voller Verdauung begriffen sein, wenn das Secret entzogen wird, und letzteres muss endlich von einer gesunden Drüse herrühren. Wirksame Pankreasinfusa erhält man von den zerkleinerten Bauchspeicheldrüsen, 6 Stunden nach reichlicher Fütterung getödteter Thiere, durch zweistündige Digestion mit Wasser von 25° C. bis zu höchstens 30° C., oder auch nach dem sogleich näher zu besprechenden Verfahren von Danilewsky. Vor Allem muss aber eine Bedingung erfüllt sein: die Drüse muss in voller Absonderung begriffen, sie muss geröthet sein (G. Meissner, W. Kühne). Das Infusum der Bauchspeicheldrüsen von solchen Thieren, die vor dem Tode nüchtern waren, übt auf Eiweisskörper gar keine Wirkung aus (v. Wittich). Kühne beobachtete jedoch unwirksame Drüsen selten und solche wurden schwach angesäuert wieder wirksam. Was das Mengenverhältniss der bei der Verdauung des Fibrins durch Pankreas gebildeten Producte anbetrifft, so erhielt Kühne in einem Falle 61 Proc. Peptone, 3·86 Proc. Tyrosin, 9·1 Proc. Leucin und 26 Proc. unbekannte lösliche und diffusible Verdauungsproducte.

Wenn auf ein Pancreas von 50 bis 60 g. 400 g. gekochtes und gepresstes trocken 382 g. wiegendes Fibrin und so viel Wasser angewendet wurde, dass auf 1 Thl. trockener Eiweisssubstanz (die Drüse eingerechnet) 15 Thle. Wasser kamen, so war nach 3- bis 6 stündiger Digestion gewöhnlich Alles bis auf einen unbedeutenden Rest aufgelöst (Kühne).

Es mag nicht überflüssig sein, daran zu erinnern, dass das in Kühne's Versuchen gefundene Leucin, wenn er die zerschnittene Drüse selbst anwendete, jedenfalls nur zum Theil als Verdauungsproduct aufzufassen ist, da die Bauchspeicheldrüse, wie Scherer und ich vor vielen Jahren schon gefunden, im ganz frischen Zustande bereits Leucin enthält. Kühne bestätigte dies und fand zugleich, dass bei der Selbstverdauung des Pankreas, welche er von der Fäulniss unterschieden haben will, ebenfalls Tyrosin und Leucin entstehen. Neben Leucin und Tyrosin scheint bei der Verdauung der Eiweisskörper durch Bauchspeichel auch Asparaginsäure gebildet zu werden (Radziejewski u. Salkowski). Dafür spricht auch die von Knieriem ermittelte Thatsache, dass bei der Verdauung von pflanzlichen Eiweisskörpern (Weizenkleber) durch Pankreasinfusum neben Peptonen, Leucin und Tyrosin auch Asparaginsäure und Glutaminsäure gebildet werden. Nach den Beobachtungen von E. Salkowski büsst das peptonbildende Pankreasferment durch Erhitzen bis auf 160° seine Wirksamkeit nicht ein.

Versuche, das diastatische Ferment zu isoliren.

Versuche, das diastatische Ferment des Bauchspeichels zu isoliren, wurden von Cohnheim, v. Wittich und von Hüfner angestellt. Cohnheim bediente sich zu diesem Zwecke derselben Methode, mittelst welcher er sein Ptyalin (vergl. Seite 469) gewann. Er operirte an Schweinen und Hunden. Die Lösungen des Fermentes enthielten keine Eiweisskörper, verwandelten aber Stärke sehr energisch in Traubenzucker.

v. Wittich erhielt das diastatische Ferment aus der Bauchspeicheldrüse des Rindes, indem er das zerkleinerte Drüsengewebe mit absolutem Alkohol behandelte und dann mit Glycerin extrahirte. Unterlässt man die vorgängige Behandlung mit Alkohol, so soll Glycerin auch das peptonbildende Ferment ausziehen. Zu einem ganz anderen Resultate aber gelangte Hüfner. Indem derselbe zerkleinerte Bauchspeicheldrüsen Tage lang in absoluten Alkohol einlegte, nach Entfernung des Alkohols trocknete, mit Glycerin extrahirte und das Ferment aus dieser Lösung durch Alkohol-Aether fällte, erhielt er ein Ferment, welches Stärke in Zucker überführte, aber im Widerspruche mit den Angaben v. Wittich's auch Fibrinflocken verdaute und neutrale Fette zerlegte. Durch wiederholtes Auflösen in Glycerin und Fällung mit Alkohol-Aether gereinigt, enthielt es 7 bis 8% Asche, Schwefel und Stickstoff. Seine Elementarzusammensetzung näherte sich jener des Emulsins (Kohlenstoff 43·09 bis 43·59, Wasserstoff 6·5 bis 6·8, Schwefel 0·88 und Stickstoff 13·8 bis 14%). Die wässerigen Lösungen coagulirten beim Erhitzen unter Zersetzung, wobei eines der Zersetzungsproducte in Lösung blieb (Pepton?). Wenn völlig trocken büsste das Ferment beim Erhitzen auf 100° seine Wirksamkeit nicht ein. Aehnliche und ebenso wirkende Fermente stellte Hüfner aus Speicheldrüsen, Lungen und faulem Käse dar und betrachtet sie als an Ort und Stelle entstehende Oxydationsproducte der Eiweisskörper. Mit letzterer Anschauung von der Bildung der Pankreasfermente stimmen Beobachtungen von Podolinski und Liversidge überein. Er-

sterer fand nämlich, dass wirksamere Auszüge erhalten werden, wenn man die Drüse 24 Stunden an der Luft liegen lässt, und Letzterer, dass Pankreasdrüse mit Glycerin erschöpft, auf einige Zeit der Luft ausgesetzt, wieder wirksam wird.

Wirkung des Bauchspeichels auf Fette.

Mit flüssigen oder leicht schmelzbaren Fetten geschüttelt, emulgirt der Bauchspeichel dieselben sehr leicht und vollständig. Das Mikroskop weist eine ausserordentlich feine Vertheilung des Fettes nach, und die Flüssigkeit scheidet auch nach Tagen keine Oelschicht ab (Eberle, Cl. Bernard). Saures Schweinspankreas wirkt in der Weise emulsionirend auf Fett, dass das letztere durch Aether nicht mehr extrahirt werden kann. In derselben Weise wirkt das wässerige Pankreassecret (Dobell).

Der Bauchspeichel besitzt aber ausserdem noch die Eigenschaft, neutrale Fette in freie Fettsäuren und in Glycerin zu zerlegen. Wenn man frisches, stark alkalisches Pankreassecret temporärer Fisteln mit neutralen Fetten (Olivenöl etc.) auf 35^0 C. erwärmt, so nimmt die anfangs stark alkalische Reaction der Emulsion rasch ab und geht in eine entschieden saure über. Die gleiche Wirkung zeigen Pankreasinfusa und die Drüse selbst. Uebergiesst man frisch zerschnittene Pankreasstückchen mit blauer Lackmustinctur, setzt ein Neutralfett hinzu und erwärmt unter Schütteln auf 35^0 C., so färbt sich die Mischung bald roth. Kochen hebt die Fähigkeit des Pankreassaftes, Fette zu zerlegen, auf; die Reaction desselben ist ohne Bedeutung. Die Zerlegung erfolgt nämlich nicht nur bei alkalischer Reaction, sondern auch bei neutraler und saurer. Bei alkalischer Reaction, wie sie das normale Pankreassecret zeigt, wird ein Theil der freigewordenen Fettsäuren bei Brütwärme verseift (Berthelot).

Man kennt den Körper, welcher die Zerlegung der Neutralfette bewirkt, nicht; Versuche, ihn zu isoliren, sind nicht angestellt.

Während Kistiakowski bei der Pankreasverdauung Gasentwickelung nicht wahrnehmen konnte, beobachtete Hüfner, dass bei der Verdauung der Eiweisskörper durch sein Pankreasferment Gase auftreten und zwar vorwiegend Stickstoff und Kohlensäure, letztere in sehr wechselnder Menge (1·52 bis 58·3$^0/_0$). Sauerstoff fehlte oder war nur in Spuren vorhanden. Wasserstoff und Grubengas wurden niemals aufgefunden. Auch Kunkel beobachtete das Auftreten von Gasen bei der Pankreasverdauung, worunter auch Schwefelwasserstoff und Grubengas. Man wird kaum fehlgehen, wenn man die Gasentwickelung als eine der bei dem Pankreas so rasch auftretenden Fäulnisserscheinungen auffasst, wie denn auch Hüfner zugiebt, dass die in seinen Versuchen constatirte Sauerstoffabsorption und Kohlensäurebildung in keinem directem Zusammenhange mit der Pankreasverdauung stehe.

Ueber Versuche, welche Nencki und Jeanneret über die Zersetzung von Gelatine und Eiweiss durch die geformten Fermente des Pankreas bei der Fäulniss derselben unter Luftzutritt und Luftabschluss anstellten, werden wir weiter unten berichten.

Quantitative Zusammensetzung des Bauchspeichels.

Quantitative Zusammensetzung.

Da man reinen und frischen Bauchspeichel auf keine andere Weise gewinnen kann, als indem man Fisteln des Wirsung'schen Ganges anlegt, so kennt man dieses Secret überhaupt nur von Thieren genauer, und es beziehen sich natürlich auch die quantitativen Analysen nur auf Bauchspeichel von Thieren. Die genauesten Analysen sind die von C. Schmidt angestellten und zwar mit dem Bauchspeichel von Hunden; dieselben sind auch deshalb von Werth, weil sie die Abhängigkeit der quantitativen Zusammensetzung des Bauchspeichels von der Absonderungsdauer und Absonderungsgeschwindigkeit erläutern. Wir stellen die C. Schmidt'schen Analysen im Folgenden tabellarisch zusammen:

Bauchspeichel von Hunden.

Bestandtheile für 100 Theile.	Aus bleibender Fistelöffnung gewonnen.				Durch Eröffnung des Bauchspeichelganges gewonnen.	
	I.	II.	III.	Mittel.	I.	II.
Wasser	97·678	97·933	98·463	98·045	90·076	88·44
Feste Stoffe	2·322	2·007	1·537	1·955	9·924	11·56
Albumin	1·638	1·245	0·921	2·271	9·044	—
Salze	0·683	0·752	0·616	0·684	0·880	—
Natrium (an Albumin gebunden)	0·3818	0·2858	0·3249	0·331	0·058	—
Chlornatrium	0·1917	0·3484	0·2110	0·250	0·735	—
Chlorkalium	0·1008	0·1059	0·0738	0·093	0·002	—
Calciumphosphat	0·0051	0·0100	0·0051	0·007	0·041	—
Magnesiumphosphat mit Spuren von Eisenoxyd	0·0024	0·0006	0·0005	0·001	0·012	—
Natriumphosphat (dreibasisches)	0·0015	—	—	0·001	—	—
Calcium (an Albumin gebunden)	—	—	—	—	0·032	—
Magnesium (desgleichen)	—	0·0015	0·0006	0·001	—	—

Cl. Bernard fand im zähflüssigen normalen Pankreassafte temporärer Fisteln 90 bis 92 Proc. Wasser und 10 bis 8 Proc. feste Stoffe. Der feste Rückstand enthielt 92 bis 90 Proc. organische Stoffe und 10

bis 8 Proc. Asche, aus Natriumcarbonat, Chlornatrium, Chlorcalcium und Calciumphosphat bestehend.

Nach den Resultaten dieser Analysen findet beim Bauchspeichel ein ähnliches Verhältniss statt wie beim Mundspeichel; es nimmt nämlich der Wassergehalt des Secretes mit der Secretionsdauer um ein Beträchtliches zu; doch hat diese Zunahme eine Grenze, jenseits welcher es keine weitere Veränderung erfährt, wie sich dies aus Beobachtungen ergiebt, die unter Ludwig's Leitung von Weinmann angestellt wurden. Bei Weinmann's Versuchen fiel der Wassergehalt von 98 auf 94 Proc. als die in der Minute abgesonderte Saftmenge von 0·5 g. auf 0·05 g. sank; er erhielt sich dagegen unverändert auf 98 Proc., als das Gewicht des in der Minute abgesonderten Saftes von 0·5 auf 2·2 g. stieg. Dabei kommen wie beim Mundspeichel auch beim Bauchspeichel die Differenzen vorzugsweise auf Rechnung der organischen Bestandtheile, während die Salze geringeren Schwankungen ausgesetzt sind.

Die grossen Abweichungen in den früheren Analysen des Pankreassecretes und den neueren, erklären sich daraus zur Genüge.

Erst seitdem es Ludwig's Bemühungen gelungen ist, eine Methode der Anlegung von permanenten Pankreasfisteln aufzufinden, hat man diese Verhältnisse kennen gelernt.

Ueber die Abhängigkeit der Zusammensetzung des Pankreassecretes von anderen physiologischen und von pathologischen Verhältnissen sind Untersuchungen nicht angestellt. Ueber die Frage, in welcher Altersperiode bei Kindern die wirksamen Fermente des Pankreas erscheinen, liegen Beobachtungen von Korowin und Zweifel vor. Ersterer giebt an, dass Pankreasinfusa von Kindern vor dem 2ten Lebensmonat nicht diastatisch wirken; diese Wirkung trete erst mit dem 2ten Lebensmonat ein und erreiche ihre volle Energie erst mit dem Ablauf des ersten Lebensjahres. Bezüglich des diastatischen Fermentes kam Zweifel zu demselben Ergebnisse, dagegen aber fand er, dass das peptonbildende und Neutralfette zerlegende Ferment schon beim Neugeborenen vorhanden sei.

Secretion und Bildung des Bauchspeichels.

Bildung.

Auch die Pankreasdrüse secernirt nicht continuirlich, sondern nur nach bestimmten Reizvorgängen, die jedoch nicht so genau studirt sind, wie andere Secretionen einleitende. Reichliche Fütterung ist das Hauptmittel, die Secretion anzuregen, während das Warum nicht genügend aufgeklärt ist. Gewöhnlich sucht man es in Nervenreizung des Magens und der Darmschleimhaut, welche reflectorisch auf die Secretionsnerven der Bauchspeicheldrüse zurückwirkt. Für eine vom Magen vermittelte reflectorische Reizung spricht die unzweideutige Secretionsvermehrung nach Reizung der Magenschleimhaut mit Aether.

Von der fünften bis zur neunten Stunde nach der Nahrungsaufnahme zeigt die Drüse ein geröthetes und erigirtes Aussehen und in dieser Zeit liefert sie den zähflüssigen Saft; nach neun Stunden aber ist sie

blass, schlaff und liefert den dünnflüssigen Saft, wie man ihn aus permanenten Fisteln erhält. Dass der Bauchspeichel das Product der Drüsenthätigkeit sei, geht jedenfalls daraus hervor, dass die ihm eigenthümlichen Fermentkörper im Blute nicht vorhanden sind. Der Chemismus, welcher dabei stattfindet, ist aber nur zum Theil aufgeklärt. Heidenhain hat durch sehr genaue Untersuchungen die wichtige Thatsache festgestellt, dass die Pankreaszellen kein fertiges Trypsin (Pankreatin) enthalten, sondern ein Zymogen, d. h. eine Muttersubstanz des Enzyms, möglicher Weise eine Verbindung des Enzyms mit einem Eiweisskörper, aus welcher sich unter gewissen Bedingungen das erstere abspaltet. Die Richtigkeit dieser Anschauung wurde von W. Kühne dargethan, der zeigte, dass lebensfrisches Pankreas sofort wirksam wird, wenn man es noch warm mit Glaspulver und absolutem Alkohol zerreibt, und hat derselbe auf die Spaltbarkeit des Zymogens durch Alkohol seine Darstellungsmethode des Trypsins gegründet (vgl. S. 502). Die Beobachtung von Liversidge, dass mit Glycerin erschöpftes Pankreas wieder wirksam wird, wenn man es einige Zeit der Luft aussetzt, sowie die Angabe Podolinski's, dass man einen besonders wirksamen Pankreasauszug erhält, wenn man die Drüsen 24 St. (?) an der Luft liegen lässt, und dass Lösungen von Zymogen beim Durchleiten von Sauerstoff und bei der Behandlung mit Wasserstoffsuperoxyd und mit Platinmohr wirksam werden, würden, wenn sie sich bestätigen, die Rolle des Sauerstoffs bei der Enzymbildung ausser Zweifel setzen.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung.

Eine physiologische Function des Bauchspeichels, über die alle Physiologen einig sind, ist die, das Stärkmehl der in den Dünndarm gelangenden Nahrungsstoffe in Zucker zu verwandeln. Dass derselbe diese Wirkung ausüben muss, ergiebt sich einerseits aus seinem bedeutenden Saccharificationsvermögen überhaupt (nach den Versuchen von C. Schmidt wandelt 1 g. Bauchspeichel 4·672 g. Stärke in Zucker um), und dann aus dem Umstande, dass dieses Vermögen weder durch Magensaft noch durch Galle beeinträchtigt wird. Allen Beobachtungen zufolge ist die Wirkung des Bauchspeichels auf Stärke eine viel energischere, als die des Speichels. Eine kräftige Einwirkung des Bauchspeichels auf Eiweisskörper kann nach den neueren Untersuchungen ebenfalls nicht mehr in Abrede gestellt werden. Die peptonbildende Wirkung des Secretes wird sich im Darme ebenso gut geltend machen können, wie in der Brütmaschine, um so mehr, als die Reaction dabei von keinem wesentlichen Einfluss und die günstigste: schwach saure, im Inhalte des Duodenums und einem Theil des Jejunums namentlich nach Aufnahme von Albuminstoffen gegeben ist; in der That fand W. Kühne, dass in abgebundenen Dünndarmschlingen der Process genau so verläuft, wie in der Brütmaschine. Cl. Bernard hat als eine weitere physiologische Function

des Bauchspeichels, mit grosser Entschiedenheit die betont, die Resorption der Fette zu vermitteln, wobei er sich auf die von ihm zuerst beobachtete Thatsache der Zerlegung der Neutralfette durch Bauchspeichel, auf die emulgirende Kraft des letzteren und auf Versuche stützte, denen zu Folge der Uebergang des Fettes in die Chylusgefässe aufgehoben sein sollte, wenn der Bauchspeichel von der Darmhöhle ausgeschlossen wurde. Gegen diese Aufstellung aber haben die meisten Physiologen Widerspruch erhoben. Frerichs, Bidder und Schmidt und Lenz haben gefunden, dass das Pankreassecret die Fähigkeit, Neutralfette zu zerlegen, durch die Beimischung von Magensaft vollständig einbüsse, und weder im Chymus noch im Chylus irgend erhebliche Mengen freier Fettsäuren nachgewiesen werden können. Frerichs, Bidder und Schmidt, Lenz sowie Colin und Lassaigne haben bei zahlreichen Untersuchungen die Angabe Cl. Bernards, dass nach Elimination des Bauchspeichels keine Fettaufnahme stattfinde, nicht bestätigt gefunden, vielmehr sahen sie nach Exstirpation des Pankreas, oder nach Anlegung von den Bauchspeichel nach aussen ableitenden Fisteln, die Aufnahme des Fettes wenig oder gar nicht beeinträchtigt. Endlich ist erfahrungsgemäss das Fett im Chylus der Hauptmasse nach unzerlegt enthalten (Brücke). Da selbst Cl. Bernard nun den Pankreassaft nicht mehr unumgänglich nothwendig erachtet für den Uebergang des Fettes in Chylus, so dürfte auf diese Function ein grosses Gewicht nicht weiter zu legen sein. Die Bedeutung einer theilweisen Zerlegung der Neutralfette sieht Brücke darin, dass die unter der Einwirkung des Bauchspeichels frei gemachten fetten Säuren, welche sich im Dünndarme neutralisiren können, die Emulgirung der zu resorbirenden Neutralfette befördern. Olivenöl oder Butter mit freien Fettsäuren gemengt, werden besser durch verdünntes Eiweiss emulgirt. Von grosser Bedeutung für die Fettverdauung erscheint endlich, wie W. Kühne mit Recht hervorhebt, die Eigenschaft des Pankreassecretes, theils allein, theils mit der Galle aus den neutralen Fetten Seifen, d. h. fettsaure Alkalien zu bilden, die löslich und leicht diffusibel sind.

X. Chemie der Galle.

Literatur: Lehmann: Zoochemie. Leipzig 1858, S. 138 (enthält sehr vollständige Literaturangaben). — Ludwig: Lehrb. der Physiologie. 2te Aufl. Bd. II. — Bidder u. Schmidt: Verdauungssäfte und Stoffwechsel. 1852. S. 98. — H. Nasse: Progr. Marburgi 1851: Commentatio de bilis quotidie a cane secreta copia et indole. — Arnold: Zur Physiologie der Galle. 1854. — Kölliker u. Müller: Bericht über die in der physiolog. Anstalt der Universität Würzburg angestellten Versuche. 1856. — v. Wistinghausen: Experim. quaedam endosmotica de bilis in absorptione adipum neutralium partibus. Dissert. Dorpati 1851. — Frerichs: Beitr. zur phys. u. path. Chem. der Galle. Hannov. Ann. V. Jahrg. 1stes Heft. — Gorup-Besanez: Unter-

suchungen über Galle. Habilitationsschr. Erlangen 1846. — Stackmann: Questiones de bilis copia; Dissert. Dorpati 1849. — Lenz: De adipis concoctione et absorptione. Dissert. Dorpati 1850. — Schellbach: De bilis functione, Dissert. Dorpati 1850. — Gorup-Besanez: Prager Vierteljahrsschr. Bd. IV. S. 86. — Schlossberger: Ann. d. Chem. u. Pharm. CII, S. 91. — Scherer: Verhandl. d. phys. med. Gesellsch. zu Würzb. VII, S. 269. — Schlossberger: Ann. d. Chem. u. Pharm. CVIII, S. 66. — Wetherill: Journ. f. prakt. Chem. LXXVI, S. 61. — Dalton: American Journal 1857. Oct. (Schmidt's Jahrb. Bd. 101, S. 31). — Marcet: Medical times 1858. Aug. — Schäfer: Wiener Zeitschrift der Aerzte. N. F. II, S. 45. — Schlossberger: Ann. d. Chem. u. Pharm. CX, 244. — Nasse: Arch f. wissensch. Heilk. IV, S. 445. — Strecker: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXXIII, 353. — Hoppe-Seyler: Journ. f. prakt. Chem. LXXXIX, 281. — Thudichum: British med. Journ. 1860. 14. Juli u. 8. Oct.; Quarterly journ. of the chem. society, Vol. XIV, p. 114; Journ. of the chem. society, 2. ser. Vol. I, p. 34. — E. Bischoff: Zeitschr. f. rat. Med. XXI, 125. — Cl. Bernard: Leçons de physiol. experim. II, p. 422. — Städeler: Vierteljahrsschr. der naturf. Gesellsch. in Zürich. Bd. VIII, 1863. — W. Kühne: Lehrb. der physiol. Chemie. 1866, S. 97. — Harley: Jaundice, its pathology and treatment. London 1863. — Popp: Ann. d. Chem. u. Pharm. CLVI, 88. — Dogiel: Zeitschr. f. Biol. III, 113. — Bogoljubow: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1869, S. 657. — Pflüger: Arch. f. Physiol. II, S. 173. — Otto: Zeitschr. f. Chem. 1867; Ann. d. Chem. u. Pharm. CXLV, 352. — Derselbe: Zeitschr. f. Chem. 1868, S. 633. — Young: Journ. of Anat. and Physiol. V, S. 158. — J. Ranke: Die Blutvertheilung und der Thätigkeitswechsel der Organe. Leipzig 1871. S. 144. — Phipson: Chem. Soc. Journ. V, p. 455. Zeitschr. f. Chem. 1867. S. 731. — Ritter: Journ. de l'anat. et de physiol. 1872. p. 60. — Derselbe: Compt. rend. 1872. LXXIV, S. 813; Journ. de l'anat. et de physiol. 1872. p. 181. — v. Wittich: Arch. f. Physiol. VI, S. 181. — Jacobsen: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VI, S. 1026. — N. Socoloff: Arch. f. Physiol. XI, S. 166. XII, S. 54. — Trifanowski: Arch. f. Physiol. IX, S. 492. A. Kunkel: Untersuch. über den Stoffwechsel in der Leber. Habilitationsschr. Würzb. 1875. — Derselbe: Sitzber. d. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. math. naturwissensch. Abth. 1875. 14. Nov. — H. Ch. Williams: Boston med. and. surgic. Journ. Mai 1874. — Moleschott: Unters. z. Naturl. XI, (1875) S. 504. — Zweifel: Unters. über den Verdauungsapparat der Neugeborenen. Berlin 1874. — R. Maly: Sitzber. d. Wien. Akad. LXX. 3. Abth. Juli 1874. — Hoppe-Seyler: Handb. d. physiol. u. path. chem. Analyse. 4te Aufl. 1875. S. 415. — J. Steiner: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874. S. 286.

Begriffsbestimmung.

Unter Galle im gewöhnlichen Sinne begreift man die in den grösseren Lebergängen und der Gallenblase enthaltene Flüssigkeit. Dieselbe ist ein Gemenge des Secretes der Leberzellen und des Schleimes der Schleimdrüsen der die Lebergänge und die Gallenblase auskleidenden Schleimhaut. Die äusseren Charaktere und gewisse Grundeigenschaften der Galle zeigen zwar bei den verschiedenen Thierclassen im Wesentlichen viele Uebereinstimmung, allein selbst in qualitativ-chemischer Beziehung, noch mehr aber in quantitativer, bedeutende Abweichungen. Dies gilt namentlich von dem Verhältnisse der in der Galle vorkommenden Gallensäuren. Zudem beziehen sich die ausführlicheren und gründlicheren Untersuchungen über die Galle nur auf die Blasengalle des

Ochsen und des Schweines, da namentlich vom Menschen frische Galle und zwar in grösserer Menge zu erhalten, sehr schwierig, wo nicht unmöglich ist, so dass unsere Kenntnisse der chemischen Verhältnisse der Galle noch bedeutende Lücken darbieten.

Wir werden die physikalischen Charaktere der Galle der verschiedenen Thierclassen, sowie ihr allgemeines chemisches Verhalten, collectiv zusammenfassen, bei der Aufzählung der chemischen Bestandtheile der Galle aber die verschiedenen Thierclassen gesondert abhandeln.

Physikalische Charaktere.

Physikalische Charaktere

Die Farbe der Galle ist gelb, grünlich, schön grün (bei den Vögeln), braungrün (Ochsengalle), endlich gelbbraun oder theerartig schwarz. Ihre Farbe wechselt, namentlich in der Leichengalle des Menschen, vom Blassgelben bis zum Schwarzen und passirt innerhalb dieser Grenzen durch alle Farbennüancen. Auch ihre Consistenz ist sehr verschieden; im Allgemeinen fadenziehend und beim Umschütteln seifenwasserartig schäumend, ist sie zuweilen vollkommen theerartig (bei menschlichen Leichen), zuweilen aber auch wieder sehr dünnflüssig. Demgemäss schwankt natürlich auch ihr specifisches Gewicht. Das mittlere specifische Gewicht der Menschengalle dürfte innerhalb der Grenzen 1·0105 bis 1·032 liegen. Der Geruch der Galle ist ein eigenthümlich-bitterlicher, welcher bei der Ochsengalle mit einem gewissermaassen aromatischen gepaart ist, während bei der Menschengalle dieser aromatische Beigeruch fehlt. Ihr Geschmack ist stark und nachhaltig bitter, bei der Ochsengalle gepaart mit einem süsslich-aromatischen Nachgeschmack, ihre Reaction auf Pflanzenpapiere im frischen Zustande neutral, oder schwach alkalisch. Sie enthält keine wesentlichen Formbestandtheile; die Epithelien und feinkörnigen Moleküle, welche sich bei längerem Stehen aus ihr absetzen, gehören den Ausführungsgängen und den Gallenwegen an. Sedimente von Cholesterin bilden sich in seltenen Fällen in der Menschengalle. Wird die Galle unter Luftzutritt längere Zeit sich selbst überlassen, so geht sie eine eigenthümliche Zersetzung ein: die Gallengährung, die auch ihre physikalischen Charaktere modificirt; sie wird missfarbig, es bilden sich an ihrer Oberfläche sich immer wieder erneuernde infusorielle Häutchen, ihr Geruch wird stinkend, ihre Reaction stark alkalisch, und es zeigen sich unter dem Mikroskope Krystalle von Ammonium-Magnesiumphosphat und Calciumphosphat. In einem weiteren Stadium der Zersetzung und bei niederer Temperatur, wird die faulende Galle sauer, und es bilden sich Sedimente von Gallenpigmenten und fetten Säuren.

Chemische Bestandtheile der Galle im Allgemeinen.

Chemische Bestandtheile der Galle im Allgemeinen.

Die in der Galle verschiedener Thiere überhaupt nachgewiesenen normalen chemischen Bestandtheile sind folgende:

Wasser, Taurocholsäure, Glykocholsäure, Hyotaurocholsäure, Hyoglykocholsäure, Taurochenocholsäure (alle diese Säuren theils an Natrium, theils an Kalium gebunden), Cholin, Neurin (?), Gallenfarbstoffe, Urobilin, Cholesterin, Fette (Palmitinsäure- Stearinsäure- und Oelsäureglycerid), Seifen (palmitinsaure und ölsaure Alkalien), Glycerinphosphorsäure (Lecithin), Harnstoff (in der Ochsen- und Schweinegalle), Schleim (von der Gallenblase und den Gallengängen stammend), anorganische Salze: Chlornatrium, Chlorkalium, phosphorsaures und kohlensaures (?) Natrium, Calciumphosphat und Magnesiumphophat, geringe Mengen von Eisen, Mangan und Kieselerde.

An Gasen, wie es scheint, nur Kohlensäure (Pflüger, Bogoljubow).

Nicht constante Bestandtheile:

Traubenzucker; denselben beobachteten Frerichs und Stokvis in der Menschengalle; er ist aber keineswegs als ein normaler Bestandtheil der Galle anzusehen und möglicherweise, wie Cl. Bernard glaubt, da, wo er gefunden wurde, erst durch eine nach dem Tode eingetretene Diffusion aus der Leber in die Galle gelangt; Spuren von Eiweisskörpern und Leucin in der Menschengalle (Jacobsen); Albumin (auch in der Galle von Embryonen zuweilen gefunden).

In der Galle unter Umständen auftretende Bestandtheile, welche als Zersetzungsproducte der normalen anzusehen sind:

Choloidinsäure, Cholsäure, Dyslysin, Taurin, Ammoniak.

Eigentliche Fäulnissproducte der Galle sind:

Trimethylamin (Jacobsen), Ammoniak, schweflige Säure, flüchtige Fettsäuren (Essigsäure, Valeriansäure), Natriumsulfat, Schwefelammonium, Ammonium-Magnesiumphosphat, Calciumphosphat.

Ritter hat Galle aus der Gallenblase an verschiedenen Krankheiten verstorbener Menschen untersucht, in welcher die Gallenfarbstoffe vollkommen fehlten.

Chemische Constitution der Galle.

Ochsengalle.

Ochsengalle. Die unzersetzte Ochsengalle besteht im Wesentlichen aus glykocholsaurem und taurocholsaurem Natrium, sonach aus den Natriumsalzen zweier Säuren, die beide stickstoffhaltig sind, und von denen die eine ausserdem noch Schwefel enthält. Die Glykocholsäure enthält die Elemente des Glycins und der Cholsäure *minus* 1 Mol. Wasser, die Taurocholsäure die Elemente des Taurins und der Cholsäure *minus* 1 Mol. Wasser (vgl. S. 185 und 186). Die Ochsengalle enthält ausserdem Cholesterin, Cholin, Harnstoff, Fette, flüchtige Fettsäuren: Essigsäure und Propionsäure als Glyceride und in der Form von Salzen (Dogiel), Gallenfarbstoffe, Schleim und die oben aufgeführten anorganischen Salze.

Die Glykocholsäure scheint in der Ochsengalle unter bestimmten Ernährungsfällen zuweilen (namentlich in den grünen Gallen) zu fehlen. Wenigstens gelingt es häufig nicht, daraus Glykocholsäure nach dem Hüfner'schen Verfahren oder nach meiner Methode (vgl. S. 515) darzustellen.

Menschengalle. Die Menschengalle enthält taurocholsaures und glykocholsaures Natrium. Nach E. Bischoff würde der Gehalt an glykocholsaurem Natrium überwiegen, nach älteren Angaben wäre das Gegentheil der Fall. Nach Jacobsen fehlt die Taurocholsäure in der Menschengalle zuweilen ganz. Im Uebrigen enthält sie, wie die Ochsengalle, Cholesterin, Fette, Gallenblasenschleim, Gallenfarbstoffe (hauptsächlich Bilirubin und Biliverdin) Neurin (?), auch Lecithin und dieselben anorganischen Salze wie die Ochsengalle, häufig auch Spuren von Kupfer. Die Secretion der menschlichen Galle beginnt schon im fötalen Zustande. Im Darmcanal eines 3monatlichen menschlichen Fötus konnte Zweifel bereits Gallensäuren und Gallenpigmente nachweisen.

Menschengalle.

Schweinegalle. Die Schweinegalle enthält hyoglykocholsaures und sehr wenig hyotaurocholsaures Natrium. Im Uebrigen dieselben Bestandtheile wie die Ochsen- und Menschengalle. Die Hyoglykocholsäure enthält die Elemente des Glycins und der Hyocholsäure *minus* 1 Mol. Wasser, die Hyotaurocholsäure die Elemente des Taurins und der Hyocholsäure *minus* 1 Mol. Wasser (vgl. S. 187). Ausserdem fand Strecker in der Schweinegalle Cholin und Glycerinphosphorsäure (aus Lecithin entstanden) und phosphorhaltiges Fett, Popp constant Harnstoff.

Schweinegalle.

Hundegalle. Dieselbe enthält nur taurocholsaures Natrium neben den übrigen mit anderen Gallen übereinstimmenden Bestandtheilen (Hoppe-Seyler).

Hundegalle.

Schafsgalle. Es sind darin taurocholsaures und glykocholsaures Natrium nachgewiesen, doch waltet erstere Verbindung vor. Die sonstigen Bestandtheile sind die gleichen, wie bei den übrigen Gallen.

Schafsgalle.

Gänsegalle. Die Gänsegalle enthält chenotaurocholsaures Natrium, aber wahrscheinlich noch das Natriumsalz einer anderen, der Paracholsäure der Ochsengalle ähnlichen Gallensäure; ausserdem einen weissen in Nadeln krystallisirenden, neutralen, in Salzsäure und Kalilauge unlöslichen Körper, endlich die Glyceride vorwiegend flüchtiger Fettsäuren. Im Uebrigen die gleichen Bestandtheile, wie die übrigen Gallen (Heintz u. Wislicenus). Glycin konnte Otto unter den Zersetzungsproducten der Gänsegalle nicht nachweisen.

Gänsegalle.

Fischgalle.

Fischgalle. Die Galle von Fischen (untersucht von *Acipenser, Gadus morrhua, Pleuronectes maximus, Esox Lucius, Perca fluviatilis, Silurus, Bellone vulgaris*) enthält fast nur taurocholsaure Alkalien, doch scheinen darin auch geringe Mengen von glykocholsauren Salzen vorzukommen (Scherer, Schlossberger, Otto). Da die Galle der meisten Seefische fast nur Kalium und beinahe kein Natrium enthält, so müssen darin die Gallensäuren als Kaliumsalze enthalten sein, während die Galle der Süsswasserfische Kalium und Natrium und letzteres in überwiegender Menge führt, und daher wahrscheinlich neben taurocholsaurem Kalium überwiegend taurocholsaures Natrium enthält (Strecker). Dies Vertheilung des Kaliums und Natriums ist merkwürdig. Auch in der Galle der Schildkröten fand Wetherill (bei *Emys geographica* und *Emys insculpata*) Kalium und Natrium und zwar ersteres überwiegend ebensowohl bei der Süsswasserschildkröte (*Emys geographica*), wie bei der Seeschildkröte (*Eyms insculpata*). Dagegen fand Otto in der Asche der Galle des in der Ostsee, im Greifswalder Bodden lebenden Hornfisches (*Bellone vulgaris*) Kalium und Natrium mit Ueberwiegen des letzteren.

Schlangengalle.

Schlangengalle. Die Galle von Schlangen (untersucht von *Boa Anacondo, Python vittatus* und *Python tigris*) scheint, nach den Untersuchungen von Schlieper und Schlossberger, nur taurocholsaures Natrium zu enthalten.

Galle des Känguruhs.

Galle des Känguruhs. Nach der Untersuchung von Schlossberger gehört die Galle des Känguruhs zu den schwefelärmsten Gallen, sie enthält daher wenig taurocholsaure Salze; ob die sonst darin vorkommende Säure, wie es allerdings wahrscheinlich wäre, Glykocholsäure ist, wurde nicht ermittelt.

Abnorme, unter pathologischen Verhältnissen in der Galle auftretende Bestandtheile.

Milchsäure (in saurer Galle); Leucin und Tyrosin (bei Typhus, von Jacobsen wurde Leucin auch in normaler menschlicher Galle aufgefunden); Blut und Eiter; Zucker (bei Diabetes mellitus Neukomm). Albumin findet sich in der Galle von Thieren, nach Einspritzung von so viel Wasser in die Venen, dass der Urin eiweisshaltig wird.

Von dem Körper von aussen zugeführten Stoffen, gehen nach den vorhandenen Beobachtungen folgende in die Galle nach kürzerer oder längerer Zeit über: Antimon, Arsenik, Kupfer, Jodkalium, Ferrocyankalium und Zink. Nach Cl. Bernard geht in die Venen injicirter Zucker in die Galle über; nach den Versuchen von Mosler erst dann, wenn dem Blute extreme Zuckermengen zugeführt werden; Rohrzucker geht verhältnissmässig leichter in die Galle über wie Krümelzucker.

Allgemeines chemisches Verhalten der Galle.

Allgemeines chemisches Verhalten der Galle.

Normale Galle, wie bereits erwähnt, neutral oder sehr schwach alkalisch, gerinnt nicht beim Kochen, zeigt aber während des Abdampfens eine ähnliche Erscheinung wie die Milch, sie überzieht sich nämlich mit einer Haut, die sich nach dem Abnehmen immer wieder erneuert. Wird die frische Galle mit Alkohol oder Essigsäure vermischt, so scheidet sich ein mehr oder weniger durch Gallenfarbstoff tingirter Schleim ab; die durch Alkohol von Schleim befreite frische Galle aber wird, mit Ausnahme jener der Schweine, durch Essigsäure und andere organische Säuren nicht gefällt. Die von Schleim befreite Galle setzt auf Zusatz von Salz- und Schwefelsäure einen harzartigen Körper ab, der in Wasser sich wieder löst. Vermischt man die Galle mit wenig Schwefelsäure und überlässt sie in gelinder Wärme einige Zeit der Ruhe, so bedeckt sich die Oberfläche der Flüssigkeit mit feinen Krystallen, die aus Stearinsäure und Palmitinsäure (bei der Ochsengalle) bestehen sollen. Der durch Ausziehen mit Alkohol von Schleim befreite Gallenrückstand lässt sich durch Knochenkohle vollständig entfärben und giebt mit Aether einen pflasterartigen Niederschlag, der sich bei längerem Stehen in sternförmig gruppirte Nadeln verwandelt. Dampft man dagegen die alkoholische Lösung bis zur Trockne ab, so bleibt ein weisser amorpher Rückstand, der in Wasser und Alkohol vollkommen löslich ist, an Aether aber nur geringe Mengen von Fett und Cholesterin abgiebt. Auch dieser Rückstand verwandelt sich, wenn er bei 110 bis 120° C. getrocknet worden ist, beim Uebergiessen mit Aether nach einiger Zeit in seidenglänzende Krystallnadeln (krystallisirte Galle, Gemenge von glyko- und taurocholsaurem Natrium).

Dampft man Ochsengalle bis nahe zur Trockne ein, zieht den Rückstand mit Alkohol aus, filtrirt, destillirt den Alkohol ab und versetzt den Rückstand mit Kalkmilch, so fällt ein Theil des Farbstoffs heraus; das meist nur schwach gelb gefärbte Filtrat mit verdünnter Schwefelsäure bis zur bleibenden Trübung versetzt, erstarrt meist schon nach einigen Stunden zu einem Krystallbrei von Glykocholsäure. Zuweilen aber setzt sich dabei ein harzig öliger Niederschlag ab, der jedoch gleichfalls nach längerer oder kürzerer Zeit sich in Krystalle von Glykocholsäure verwandelt (Gorup-Besanez). Versetzt man frisch aus der Blase entleerte Rindsgalle in einem engen Cylinder mit etwas Aether und fügt hierauf Salzsäure oder Schwefelsäure hinzu, so färbt sich die Aetherschicht gelb, braun, später purpurfarben und violett, während die untere Schicht sich in einen Brei von Glykocholsäurekrystallen verwandelt (Hüfner).

Setzt man zur Galle Bleizuckerlösung, so entsteht ein anfangs schleimiger, gefärbter Niederschlag, der sich bei ruhigem Stehen sehr zusammenzieht; er besteht aus Schleim, Farbstoff und glykocholsaurem Blei. Das Filtrat reagirt sauer und giebt mit Bleiessig einen flockigen Niederschlag: basisch glykocholsaures und taurocholsaures Blei,

der bald pflasterartig wird; die hiervon abfiltrirte Flüssigkeit giebt auf Zusatz von Ammoniak von Neuem einen geringen Niederschlag, und es bleibt ein kleiner Theil der organischen Substanz der Galle in Lösung.

Wird Galle mit Salzsäure gekocht, so zerfällt sie in Choloidinsäure, Taurin und Ammoniak; erstere verwandelt sich nach sehr langem Kochen in eine unlösliche, harzartige Substanz: das Dyslysin. Durch Behandlung mit Alkalien liefert die Galle Cholsäure. Durch die Fäulniss: die Gallengährung, werden dieselben Zersetzungsproducte erhalten: Cholsäure, Choloidinsäure, Taurin und wahrscheinlich als secundäres Zersetzungsproduct des Glycins: Ammoniak, als Zersetzungsproduct des Cholins aber Trimethylamin. Wird die Fäulniss länger unterhalten und beobachtet, so erleidet das Gallenpigment Veränderungen und schlägt sich theilweise nieder, es zerfällt endlich auch das Taurin und zwar in Natriumsulfat und schweflig- oder unterschwefligsaure Verbindungen. Auch flüchtige Säuren werden bei der Fäulniss der Galle gebildet, namentlich Essig- und Valeriansäure. Während des Lebensprocesses wird auf dem Wege durch den Darmcanal ein Theil der Galle in Choloidinsäure, Dyslysin, Taurin und Ammoniak zerlegt.

Schweinegalle giebt mit krystallisirtem Natriumsulfat in hinreichender Menge versetzt, einen flockigen Niederschlag von hyoglykocholsaurem Alkali. Der Niederschlag ist in Wasser wieder leicht löslich. Andere Gallen geben diesen Niederschlag nicht (Hoppe-Seyler).

Schüttelt man die Galle von Menschen oder fleischfressenden Thieren mit Chloroform; so geht ein Theil des Cholesterins und Bilirubins in Lösung, und scheidet sich nach dem Verdunsten der Chloroformlösung in Krystallen aus.

Gereinigte Galle soll die Fähigkeit besitzen, Stärke in Zucker zu verwandeln, und auch frische Menschengalle Stärkekleister in Zucker überführen (v. Wittich), Rohr- sowie Traubenzucker bei Gegenwart von Galle endlich sollen leicht in Milchzucker übergehen (Nasse). Von anderer Seite aber werden gegen diese Beobachtungen Zweifel geltend gemacht (W. Kühne). Die Angabe, dass der in gereinigter Galle aufgelöste Zucker keine Veränderung erleide, während die gewöhnliche Blasengalle ihn in Milchsäure umsetze (Meckel, Schiel), erscheint ebenfalls noch näherer Begründung bedürftig. Die Blutkörperchen des Menschen, der Säugethiere und der Vögel, werden von gereinigter Galle gelöst. In Peptonlösungen erzeugt Galle einen Niederschlag, der sich aber in einem Ueberschuss von Galle wieder löst (Moleschott). Frische Hammelsgalle löst freie Fettsäuren (Stearinsäure, Palmitinsäure) in ziemlicher Menge auf, namentlich bei längerem Schütteln und Erwärmen, indem die Fettsäuren die Natriumsalze der Galle zerlegen, Seifen bilden und die Gallensäuren dafür in Freiheit setzen; Oelsäure scheint dieses Vermögen nicht zu besitzen (Marcet). Für neutrale Fette besitzt die Galle jedenfalls nur ein höchst unbedeutendes Lösungsvermögen, wohl aber besitzt sie die Fähigkeit, Fett zu emulgiren und be-

fördert den Durchgang von Fetten durch thierische Membranen und capillare Poren. Sie verzögert endlich die Fäulniss und wirkt demgemäss antiseptisch. Cholesterin löst gereinigte Galle in nicht unerheblicher Menge auf.

Wenn man Blasengalle mit Ozon behandelt, so wird dieselbe durch rasche Oxydation ihrer Farbstoffe bald vollständig entfärbt, die Gallensäuren selbst werden aber nicht angegriffen. Behandelt man dagegen Galle bei Gegenwart von freiem Alkali mit activem Sauerstoff, so werden auch die eigenthümlichen Gallenstoffe allmählich vollständig verbrannt (Gorup-Besanez).

Quantitative Zusammensetzung der Galle.

Quantitative Zusammensetzung.

Ueber die quantitative Zusammensetzung, ebensowohl der Menschengalle, als auch der Galle verschiedener Thiere liegen ziemlich zahlreiche Untersuchungen vor, allein begreiflicherweise sind nur sehr wenige Analysen mit der Galle gesunder Menschen angestellt, da es nur seltene Fälle sind: plötzlicher Tod aus traumatischen Ursachen, Hinrichtungen u. dgl., wo sich das Material zu solchen Untersuchungen darbietet. Auch beziehen sich diese Analysen auf Blasengalle, demnach auf ein Secret, welches bereits längere oder kürzere Zeit in der Gallenblase verweilte.

Methode der Analyse.

Die Bestimmung des Wassers und der festen Stoffe der Galle, geschieht durch Abdampfen einer gewogenen Menge Galle im Wasserbade und Trocknen des Rückstandes im Luftbade bei 110 bis 120° C., so lange noch Gewichtsabnahme stattfindet. Der getrocknete Rückstand ist = den festen Stoffen der Galle, der Gewichtsverlust, welchen die Galle durch das Abdampfen und Trocknen erlitten hat, = dem Gewichte des Wassers.

Zur Bestimmung der Fette wird der Gallenrückstand in einem erwärmten Mörser fein zerrieben, ein Theil davon in ein genau gewogenes Glaskölbchen gebracht, genau gewogen und im Glaskölbchen so lange mit Aether extrahirt, bis derselbe nichts mehr aufnimmt. Die gesammelten ätherischen Auszüge werden in einem gewogenen hochwandigen Becherglase verdunstet. Der Rückstand, welchen sie hinterlassen, ist = dem Gewichte der Fette und des Cholesterins, kann aber möglicherweise auch gewisse in Aether lösliche Zersetzungsproducte der Galle (Cholsäure) enthalten. Er muss daher mit wässerigem Weingeist behandelt und der weingeistige Auszug ebenfalls abgedampft werden. Bleibt ein Rückstand, so ist dieser zu wägen und von dem Rückstande des Aetherauszuges bei der Berechnung des Fettes abzuziehen. Zur Bestimmung des Gallenblasenschleimes wird der entfettete, im Glaskölbchen befindliche Gallenrückstand, so lange mit kochendem starken Weingeist behandelt, als derselbe noch etwas aufnimmt, die alkoholischen Auszüge durch ein bei 100° C. getrocknetes und gewogenes Filter filtrirt, und endlich der vollkommen erschöpfte Rückstand auf selbes gebracht, mit heissem Alkohol ausgewaschen, bei 100° C. getrocknet und gewogen; nach Abzug des bekannten Gewichtes des Filters erhält man jenes des Schleims mit etwas Farbstoff.

Das alkoholische Filtrat verdunstet man in einer gewogenen Schale und trocknet den Rückstand im Luftbade so lange bei 120° C., als derselbe noch an Gewicht abnimmt. Der Rückstand ist = tauro- und glykocholsaurem Natrium mit Farbstoff.

Zur Bestimmung der feuerbeständigen Salze verwendet man einen Theil des bei der Wasserbestimmung erhaltenen Gallenrückstandes, oder man dampft eine eigene gewogene Quantität Galle ab und verfährt bei der Einäscherung des Gallenrückstandes genau so wie bei der Blutanalyse angegeben ist.

Hoppe-Seyler trennt in der alkoholischen Lösung des Gallenrückstandes die Gallensäuren von Fett und Cholesterin durch Behandlung mit viel Aether, wodurch erstere gefällt werden, während Cholesterin und Fett gelöst bleiben. Zur genaueren Trennung der letzten beiden verseift Hoppe-Seyler den Rückstand des Aetherauszuges (Cholesterin + Fett) mit Kali und schüttelt die Seife mit Aether, welcher das Cholesterin allein daraus aufnimmt. Oder man bestimmt den Gehalt des vorher gewogenen Gemenges von Cholesterin und Fett in der Aetheralkohollösung desselben mittelst des Polarisationsapparates.

Eine Trennung und Bestimmung der Glyko- und Taurocholsäure im Gemenge beider, gründet Hoppe-Seyler darauf, dass beide Säuren durch Kochen mit Kali in Cholsäure und Taurin resp. Glycin vollkommen gespalten, Taurin und Cholsäure aber durch weiteres Erhitzen mit Kali nicht verändert werden und darauf, dass durch Aether gefällte Cholsäure in Wasser so gut wie unlöslich ist. Man bestimmt die Circumpolarisation in der alkoholischen Lösung der Gallensäuren, verdampft zur Trockne, behandelt den Rückstand mit Kalilauge im zugeschmolzenen Rohre, fällt die gebildete Cholsäure durch Salzsäure, verwandelt sie in die krystallisirte und in Wasser wenig lösliche Modification durch Behandlung mit Aether, wäscht mit Wasser, löst in Alkohol, trocknet und wägt die auskrystallisirte Cholsäure. In der wässerigen salzsauren Flüssigkeit, welche von der ausgefällten Cholsäure abfiltrirt ist, bestimmt man den Schwefelgehalt durch Schmelzen mit Kaliumcarbonat und Salpeter, als Baryumsulfat. Da der Schwefel nur von dem Taurin resp. von der Taurocholsäure abstammt, erfährt man so die Menge der Taurocholsäure und der davon abstammenden Cholsäure. Ein Ueberschuss der direct bestimmten Cholsäure muss dann auf Glykocholsäure bezogen werden. 100 Thle. Baryumsulfat entsprechen 220·86 Thln. Taurocholsäure; 100 Thle. Taurocholsäure entsprechen 79·22 Thln. Cholsäure; 100 Thle. Cholsäure entsprechen 113·98 Thln. Glykocholsäure.

Die Circumpolarisation bietet eine Controle dieser analytischen Methode dar. Ist a die beobachtete Drehung in Graden für gelbes Licht bei $0{\cdot}1^m$ langer Schicht, m der berechnete Gehalt an Taurocholsäure, so ist n der Gehalt der Flüssigkeit an Glykocholsäure:

$$\frac{100 \,.\, a - m \,.\, 25{\cdot}3^0}{27{\cdot}6^0}$$

$25{\cdot}3^0$ ist die specif. Drehung der an Natrium gebundenen Taurocholsäure in alkoholischer Lösung für gelbes Licht, $27{\cdot}6^0$ jene der Glykocholsäure.

Eine etwas modificirte Methode ist nachstehende: die gewogene Galle wird eingedampft, der Rückstand mit absolutem Alkohol erschöpft, das alkoholische Extract nach dem Einengen mit viel Aether gefällt, nach 2 bis 3 Tagen der Aether abgegossen, der Niederschlag noch einmal in Alkohol gelöst und mit Aether gefällt und dies so oft fortgesetzt, bis der Aether farblos bleibt.

Im Niederschlage: gallensaure Salze, Chlorkalium und Chlornatrium, wird der Schwefel wie oben bestimmt und aus dem

Schwefelgehalte die Taurocholsäure berechnet. Die Alkoholätherlösung, welche Seifen, Fett, Cholesterin und Lecithin enthält, wird abdestillirt, eingedampft und mit wasserfreiem Aether extrahirt. Was letzterer ungelöst lässt, wird als Seife berechnet, was sich löst ist Fett, Cholesterin und Lecithin (Hoppe-Seyler, N. Socoloff).

Menschengalle.

Zusammensetzung der normalen Menschengalle. Es sind im Ganzen nur wenige Analysen von Menschengalle bekannt geworden, die man als von gesunden Individuen stammend zu betrachten genügende Veranlassung hat. Sie wurden von Frerichs, von mir und von Jacobsen ausgeführt. Die gewonnenen Zahlen sind folgende:

<table>
<tr><th rowspan="2">Bestandtheile für 100 Theile</th><th colspan="2">Frerichs</th><th colspan="4">Gorup-Besanez</th></tr>
<tr><th>I. 18jähr. Mann Tod durch Sturz</th><th>II. 22jähr. Mann Tod durch Verwundung</th><th>III. 49jähr. Mann enthauptet</th><th>IV. 29jähr. Weib enthauptet</th><th>V. 68jähr. Mann Tod durch Sturz</th><th>VI. 12jähr. Knabe Tod durch Verwundung</th></tr>
<tr><td>Wasser</td><td>86·00</td><td>85·92</td><td>82·27</td><td>89·81</td><td>90·87</td><td>82·81</td></tr>
<tr><td>Feste Stoffe</td><td>14·00</td><td>14·08</td><td>17·73</td><td>10·19</td><td>9·13</td><td>17·19</td></tr>
<tr><td>Gallensaure Alkalien</td><td>7·22</td><td>9·14</td><td>10·79</td><td>5·65</td><td rowspan="3">7·37</td><td rowspan="3">14·80</td></tr>
<tr><td>Fett</td><td>0·32</td><td>0·92</td><td rowspan="2">4·73</td><td rowspan="2">3·09</td></tr>
<tr><td>Cholesterin</td><td>0·16</td><td>0·26</td></tr>
<tr><td>Schleim mit Farbstoff</td><td>2·66</td><td>2·98</td><td>2·21</td><td>1·45</td><td>1·76</td><td>2·39</td></tr>
<tr><td>Anorg. Salze</td><td>0·65</td><td>0·77</td><td>1·08</td><td>0·63</td><td>—</td><td></td></tr>
</table>

Jacobsen hatte Gelegenheit menschliche Galle, aus einer Gallenfistel entleert, zu analysiren. Die festen Stoffe betrugen 2·24 bis 2·28 Proc. Von organischen Bestandtheilen waren in Aether löslich 3·14 Proc., wovon 2·49 Cholesterin, 0·44 Fette und 0·21 Lecithin. In Aether und Alkohol unlöslich waren 10·0 Proc. Im Alkoholextracte der trocknen Galle waren enthalten: Natriumglykocholat 44·8, palmitinsaures und stearinsaures Natrium 6·0. Die Galle war schwefelfrei und konnte demgemäss auch keine Taurocholate enthalten. Dies ist um so auffallender, als ich vor vielen Jahren und Trifanowski und N. Socoloff in neuester Zeit Taurocholsäure in der menschlichen Galle nachwiesen. Bemerkenswerth bei diesen Analysen ist endlich der gegenüber den von Frerichs, Trifanowski und mir für Blasengalle erhaltenen Zahlen bedeutend höhere Wassergehalt. Trifanowski fand nämlich bei zwei menschlichen Gallen 90·878 und 91·079 Proc. Wasser. Auch H. Nasse

fand die Galle, welche bei einer Hündin durch eine Fistel abfloss, wasserreicher, wie die in der Blase enthaltene und beobachtete, dass der Unterschied das Doppelte betragen könne.

Galle von Thieren.

Zusammensetzung der Galle von Thieren. Vollständigere Analysen über die Galle von Thieren liegen verhältnissmässig wenige vor. Meist wurden nur der Wassergehalt und der Gehalt an anorganischen Salzen bestimmt. Nachstehende Tabelle enthält einige solcher Analysen zusammengestellt:

Bestandtheile für 100 Theile	Ochsengalle. Berzelius	Schweinsgalle. Gundelach u. Strecker	Fischgalle (Silurus). Schlossberger	Schlangengalle (Pypthon tigr). Schlossberger	Gänsegalle. Marsson	Känguruhgalle. Schlossberger
Wasser	90·44	88·80	94·48	90·42	80·02	85·87
Feste Stoffe	9·56	11·20	5·52	9·58	19·98	14·13
Gallensaure Salze . .	8·00	8·38	3·63	8·46	17·06	7·59
Fett		2·23	0·23	0·03	0·36	1·09
Schleim mit Farbstoff	0·30	0·59	1·48	0·89	2·56	4·34
Anorganische Salze .	1·26	—	—	0·20	—	1·11

Eine von Otto ausgeführte quantitative Analyse der Gänsegalle gab 77·6 Proc. Wasser, 3·1 Proc. Schleim, 0·3 Proc. Fett, Cholesterin und Gallenfarbstoffe, und 19 Proc. gallensaure Salze.

Gase der Galle.

Ueber die Gase der Hundegalle wurden von Pflüger quantitative Versuche angestellt. Die Galle zweier Hunde, von denen der eine wahrscheinlich vegetabilische Nahrung erhielt, während der andere stark mit Fleisch gefüttert war, wurde nach der Entfernung der Gallenblase direct aus dem Ductus choledochus gesammelt. Aus der stark alkalisch reagirenden Galle des ersteren Hundes erhielt Pflüger 14·4 Proc. auspumpbare Kohlensäure, 41·7 Proc. durch Phosphorsäure ausgetriebene, daher Gesammtkohlensäure 56·1 Proc. (für 100 Vol. Galle). Die schwach saure Galle des mit Fleisch gefütterten Hundes dagegen lieferte 5·0 Proc. auspumpbare Kohlensäure, 0·6 Proc. durch Säuren austreibbare, mithin im Ganzen nur 5·6 Proc. (für 100 Vol. Galle). Sauerstoff und Stickstoff waren nur spurenweise vorhanden. Die Galle von Hammeln enthält ebenfalls Kohlensäure. Durch Verweilen der Galle in der Blase nimmt der Kohlensäuregehalt derselben ab, und enthält frisch abgesonderte am meisten (Bogoljubow). Fleischnahrung soll den Kohlensäuregehalt nach Bogoljubow vermehren, während Pflüger das Entgegengesetzte fand.

Schwefelbestimmungen der Galle des Menschen und verschiedener Thiere.

Schwefelbestimmungen.

Da die Galle nach mehreren übereinstimmenden Beobachtungen keine oder höchstens sehr geringe Mengen von schwefelsauren Salzen führt, so muss der in der Asche der Galle in der Form schwefelsaurer Alkalien gefundene Schwefel von schwefelhaltigen Gallenbestandtheilen abstammen. Die bisher bekannten schwefelhaltigen Gallensäuren sind die Taurocholsäure, die Hyotaurocholsäure und die Chenotaurocholsäure. Die beiden letzteren sind, soviel man bis jetzt weiss, der Schweins- und Gänsegalle ausschliesslich eigenthümlich alle übrigen Gallen aber scheinen Taurocholsäure mit oder ohne Glykocholsäure zu enthalten. Man kann daher aus dem Schwefelgehalte des Alkoholextractes der Galle, den Gehalt derselben an Taurocholsäure, oder eventuell an Hyo- oder Chenotaurocholsäure berechnen, da der Schwefelgehalt dieser Säuren festgestellt und aus ihrer Formel zu ersehen ist. In diesem Sinne sind die nachstehenden Schwefelbestimmungen der Galle verschiedener Thiere von Werth und besonders auch deshalb, weil sie meist auch Aufschluss darüber geben, ob neben Taurocholsäure auch noch Glykocholsäure vorhanden ist. Die Reihe ist nach dem absteigenden Schwefelgehalte geordnet: (siehe Tabelle auf folgender Seite).

Die nach den Bestimmungen von Bischoff und Lossen für den Menschen gegebene Zahl ist das Mittel aus acht Bestimmungen, deren Maximum 2·99, deren Minimum 0·83 war. Die Zahlen beziehen sich auf nicht gereinigte Galle. Jacobsen fand, wie bereits oben erwähnt, in der menschlichen Galle zuweilen gar keinen Schwefel; in der Galle an verschiedenen Krankheiten Verstorbener dagegen stets Schwefel; der in einem Falle von ihm beobachtete Schwefelgehalt (2·67 Proc.) ist sogar sehr hoch.

In der Galle von *Gadus morrhua* fand Strecker 5·66 Proc., in jener von *Pleuronectes maximus* 5·91, von *Esox Lucius* 5·77, von *Perca fluviatilis* 5·99 Proc. Schwefel.

Taurocholsaures Natrium enthält 6 Proc., taurocholsaures Kalium 5·8 Proc. Schwefel.

Ueber das Verhältniss der Schwefelausscheidung durch die Galle des Hundes zu dem mit dem Eiweiss der Nahrung eingeführten, hat Kunkel Versuche angestellt, aus welchen geschlossen werden muss, dass Eiweisszufuhr vermehrte Schwefelausscheidung durch die Galle zur Folge hat, und dass die Vermehrung der Ausscheidung mit der Anzahl der Versuchstage zunimmt; die vermehrte Ausscheidung macht sich aber nicht am gleichen Versuchstage, sondern erheblich später geltend. Kunkel benutzte zu seinen Versuchen Gallenfistelhunde.

Thiere	Gereinigte u. bei 110° C. getrocknete Galle. Schwefel in Proc.	Beobachter
Gans	6·34	Marsson
Boa Anacondo . .	6·24	Schlieper
Hund	6·21	Bensch
Python Tigris . .	6·04	Schlossberger
Fuchs	5·96	Bensch
Bär	5·84	"
Hammel	5·71	"
Fische	5·55	"
Ziege	5·20	"
Wels	5·12	Schlossberger
Wolf	5·03	Bensch
Huhn	4·96	"
Kalb	4·88	"
Ochs	3·58	"
Känguruh	2·47	Schlossberger
Mensch	1·46	E. Bischoff u. Lossen
dito	0·021 — 2·67	Jacobsen
dito	1·13 — 1·67	N. Socoloff
Schwein	0·33	Bensch

Zusammensetzung der Gallenasche.

Gallenasche.

Es liegt eine Analyse der Asche der Ochsengalle und eine solche der Asche der Menschengalle vor. Erstere wurde von H. Rose, letztere von Jacobsen ausgeführt.

In 100 Thln. Gallenasche durch Verdampfen und Verkohlen von Ochsengalle, sowie sie aus der Blase kam, erhalten, fand H. Rose:

Chlornatrium	27·70
Kali	4·80
Natron	36·73
Kalk	1·43
Magnesia	0·53
Eisenoxyd	0·23
Manganoxyduloxyd	0·12
Phosphorsäure	10·45
Schwefelsäure	6·39
Kohlensäure	11·26
Kieselsäure	0·36

In 100 Thn. der Asche menschlicher Galle fand Jacobsen:

Chlornatrium	65·16
Chlorkalium	3·39
Natriumcarbonat	11·11
Natriumphosphat	15·91
Calciumphosphat	4·44

Schwefelsäure enthielt die Asche nicht.

Ueber den Eisengehalt der Galle verschiedener Thiere liegen Bestimmungen von Young vor. Derselbe fand für:

Ochsengalle	0·003 bis 0·006 Proc.
Menschengalle	0·004 bis 0·010 „
Hundegalle	0·016 „

Kunkel fand für Hundegalle 0·0036 bis 0·0093 Proc. Eisen.

Verschiedenheiten der Zusammensetzung der Galle unter verschiedenen physiologischen Verhältnissen.

Verschiedenheit der Zusammensetzung unter physiologischen Bedingungen.

Unsere Kenntnisse über die Zusammensetzungsänderungen der Galle unter verschiedenen physiologischen Bedingungen sind sehr gering und beziehen sich zudem noch meist auf Versuche an Thieren. Sie ruhen endlich nicht nur auf einer ziemlich schmalen Basis von Beobachtungen, sondern beziehen sich überdies auch nur auf den Gehalt der Galle an Wasser und an festen Stoffen überhaupt.

Einfluss des Geschlechtes. Die einzigen Anhaltspunkte für die Beurtheilung dieses Einflusses geben die zwei von mir angestellten Analysen der Galle eines hingerichteten Mannes und Weibes. Es versteht sich von selbst, dass diese zwei Beobachtungen nicht hinreichend sind, um die Frage zu erledigen. Nach den vorliegenden Beobachtungen aber wäre die Galle von Weibern wasserreicher wie die von Männern, und es wären hier von den festen Stoffen: gallensaure Salze, Schleim mit Farbstoff und anorganische Salze gleichmässig vermindert, während die Fette vermehrt wären.

Es muss übrigens noch hervorgehoben werden, dass sich dieses Verhältniss für alle angestellten (fünf) Analysen der Galle von Männern geltend macht, wie aus obigem Schema zu ersehen ist.

Einfluss der Tageszeit. Nach den von H. Nasse an Thieren angestellten Beobachtungen, soll die bei Nacht abgesonderte Galle reicher an festen Stoffen sein, wie die bei Tage secernirte, während Kunkel bei seinen Gallenfistelhunden gerade das Gegentheil beobachtete.

Einfluss des Verweilens in der Blase. Nach den von Bidder und C. Schmidt an Thieren angestellten Beobachtungen liefert die frisch abgesonderte und nicht in die Gallenblase gelangende Galle durchschnittlich 5 Proc. festen Rückstandes, während die aus der Gallenblase entnommene, je nachdem sie länger oder kürzer in der letzteren verweilt hatte, 10 bis 20 Proc. an festen Bestandtheilen enthält. Vgl.

die mit diesen Angaben übereinstimmenden weiter oben angeführten Beobachtungen von H. Nasse und Jacobsen, sowie die unten folgenden Angaben von J. Ranke.

J. Ranke hatte Gelegenheit, Lebergalle von einem Manne zu erhalten, der an einer Leberlungenfistel litt. Die Gallenausscheidung erfolgte zuweilen gänzlich durch die Lunge, zeitweise aber gänzlich durch den Darm. Auch hier bestätigten die Analysen den bedeutend höheren Wassergehalt der Lebergalle (96·8 Proc.) gegenüber jenem der Blasengalle. Auch schliesst Ranke aus den von ihm erhaltenen Zahlen auf eine Verminderung des Salzgehaltes durch das Verweilen der Galle in der Blase. Es ist jedoch zu bemerken, dass in dem gegebenen Falle das Lebersecret, da es durch die Lunge ausgehustet wurde, nothwendig mit Bronchialschleim, Schleim der Trachea und Mundhöhle, mit Speichel etc. verunreinigt war, wodurch der Werth der Ranke'schen Zahlen natürlich einigermaassen beeinträchtigt wird. Zwar suchte er den gegebenen Fehler dadurch zu eliminiren, dass er an einem Tage, an welchem die Gallenausscheidung durch die Lunge cessirte, die Menge des Bronchialsecretes bestimmte und 135 ccm. desselben für die Bestimmungen in Abzug brachte.

Einfluss der Nahrung, Die aus Beobachtungen an Thieren (Bidder u. Schmidt, H. Nasse, Arnold) zu ziehenden Schlüsse über den Einfluss der Nahrung auf die Zusammensetzung der Galle sind folgende: Die festen Stoffe der Galle sind vermehrt: bei Fleischnahrung; vermindert: bei Nahrung mit Brot, reichlichem Zusatz von Wasser zu Brot- und Fleischnahrung und bei Entziehung der Nahrung.

Mengen der innerhalb 24 Stunden beim Menschen ausgeschiedenen Gallenbestandtheile. Hierüber liegen von J. Ranke Versuche vor. J. Ranke fand nach seinen allerdings nicht tadelfreien Bestimmungen (s. oben) in Grammen:

	I. Minimum	II.	III.	IV.	V. Maximum	Mittel
Gallensäuren	6·32	6·88	14·48	9·39	17·54	11·0
Fett u. Cholesterin .	1·67	3·90	0·97	1·76	7·55	3·2
Farbstoff u. Schleim .	2·01	4·24	2·07	2·91	4·32	3·2
Anorganische Salze .	1·71	2·32	2·65	2·68	6·59	3·2

Nach diesen Bestimmungen enthalten 100 Gwthle. fester Lebergalle (d. h. des Gallenrückstandes) im Mittel: 53·45 Gallensäuren, 14·48 Fett und Cholesterin, 17·49 Farbstoff und Schleim, 14·79 Asche. Die grössten Schwankungen im procentischen Gehalte ergeben sich für die Werthe des Fettes und Cholesterins. Aus Frerichs's und meinen Analysen

der Blasenmenschengalle ergiebt sich als Mittel der Werthe für die Gallenrückstände 54 Proc. Gallensäuren, 21·8 Proc. Fett und Cholesterin und 16·0 Proc. Farbstoff und Schleim; es erscheint demnach das Verhältniss der einzelnen organischen Gallenbestandtheile für Leber- und Blasengalle nicht sehr abweichend.

Nach den Beobachtungen von J. Ranke würde endlich 1 Kilo Mensch in 24 Stunden im Mittel 13·52 ccm. flüssige Galle mit 0·44 g. fester Bestandtheile secerniren.

An qualitativen Verschiedenheiten wollen Bidder u. Schmidt nachstehende beobachtet haben: Die frische Galle der Carnivoren ist gelb bis gelbbraun, die der Herbivoren dagegen grün; die Farbe der Blasengalle derjenigen Thiere, deren Lebergalle gelb oder braun ist, spielt stets mehr oder weniger in das Grüne und ist nach längerem Fasten der Thiere intensiv grün; $2^1/_2$ bis 3 Stunden nach der Nahrungsaufnahme dagegen eben so gelb oder gelbbraun, wie die Lebergalle. Ich beobachtete an der menschlichen Blasengalle grüne Färbung vorzugsweise bei Kindern.

Zusammensetzungsverschiedenheiten der Galle unter pathologischen Verhältnissen.

Zusammensetzungsverschiedenheiten der Galle unter pathologischen Verhältnissen.

Ueber die Znsammensetzung der Blasengalle des Menschen bei Krankheiten wurden von Frerichs und mir zahlreiche Versuche angestellt. Trotzdem aber erscheint es nicht rathsam, aus diesen Beobachtungen Schlüsse zu ziehen, da wir noch viel zu wenig über die Abhängigkeit der Zusammensetzung der Galle des Menschen von physiologischen Bedingungen wissen, und da wir überhaupt aus allem zu schliessen berechtigt sind, dass die Zusammensetzung dieses Secretes schon unter normalen Verhältnissen grossen Schwankungen unterworfen ist. Bei dem constatirten Einflusse, welchen die Dauer des Verweilens der Galle in der Blase ausübt und bei dem Umstande, dass man Galle von Menschen erst viele Stunden nach ihrem Tode gewinnen kann, wird der Werth der erhaltenen Zahlen noch mehr in Frage gestellt. Wir begnügen uns daher in der Literatur auf die Orginalabhandlungen zu verweisen.

In einigen Fällen meiner Beobachtungen über die Zusammensetzung der Galle in Krankheiten schied sich aus der Galle (bei Hydrothorax, Nephritis chronica, Atrophia post typhum) ein mehr oder minder reichliches Sediment von Cholesterinkrystallen aus. Derartige Sedimente scheinen sich vorzugsweise in concentrirter Galle zu bilden, wie dieselbe bei chronischen Unterleibskrankheiten, wo die Darmfunction behindert erscheint, die Regel ist. Die Galle wird in solchen Fällen in der Blase zurückgehalten, verliert hier durch Osmose Wasser und wird dadurch immer concentrirter. In der Galle eines Tuberkulösen (Pyothorax) beobachtete ich zahlreiche Fettkugeln. Das Fett scheint überhaupt bei Colliquationskrankheiten in der Regel vermehrt zu sein, indem ich

bei Typhus und Tuberkulose ausser Fettkugeln auch nicht selten bei der mikroskopischen Untersuchung reichliche Palmitinkrystalle nachwies.

In einigen Fällen endlich wurde die von Schleim befreite Galle durch Essigsäure gefällt und enthielt demnach Cholsäure, Choloidinsäure oder ähnliche Säuren, durch Zersetzung der Gallensäuren in der Blase entstanden.

In den Bereich der pathologischen Chemie der Galle gehören auch die

Gallensteine.

Gallensteine.

Man begreift darunter alle Concretionen, die sich aus der Galle niederschlagen. Sie kommen daher in allen Theilen des Gallenapparates vor, am häufigsten in der Gallenblase, zuweilen auch im Darmcanale.

Chemische Bestandtheile derselben.

Die chemischen Bestandtheile der Gallensteine sind: Cholesterin, Gallenfarbstoffe (Bilirubin, Bilifuscin, Biliprasin und Bilihumin), zum Theil an Kalk gebunden, verseifbares Fett (v. Planta und Kekulé), cholsaure, choloidinsaure, cholonsaure Salze, Schleim und Epithelien der Gallenblase und der Gallengänge, phosphorsaure und kohlensaure alkalische Erden, Silicium, Eisen, Mangan, Kupfer und Zink.

Die menschlichen Gallensteine sind mehr oder weniger fest, lassen sich aber alle leicht mit dem Messer schaben; ihre Form ist sehr verschieden. Bald sind sie rund oder eiförmig, bald, wenn mehrere zugleich (oft finden sich in einer Blase viele Hunderte) in einer Blase vorkommen, durch gegenseitiges Abreiben polyedrisch und facettirt. Man unterscheidet:

Arten derselben.

a) Krystallinische; sie bestehen fast ganz aus Cholesterin, zuweilen mit einem Kern aus Pigmentkalk, haben einen krystallinischen, faserigen Bruch, sind nur wenig gefärbt, auf den Schnittflächen glänzend und ziemlich leicht zu pulvern. Alkohol zieht beim Kochen daraus Cholesterin aus. Ihre Grösse schwankt zwischen der eines Taubeneies und ganz kleiner Körner.

b) Nicht krystallinische glatte, gelblich-weisse Gallensteine von seifenartigem Glanze und concentrisch-schaligem Gefüge. Sie bestehen ebenfalls vorwiegend aus Cholesterin und sind die häufigsten.

c) Gallensteine, welche aus abwechselnden Schichten von vorherrschendem Cholesterin und Gallenfarbstoff bestehen; sie sind ebenfalls sehr häufig.

d) Schwarze oder dunkelgrüne, zuweilen metallisch glänzende, oder dunkelrothbraun gefärbte Concretionen von erdigem Bruch; dieselben sind zerreiblich, nehmen durch Schaben keinen Wachsglanz an und bestehen hauptsächlich aus Bilirubinkalk; sie sind ziemlich selten.

e) Die seltensten Concretionen sind die aus phosphorsaurem oder auch wohl aus kohlensaurem Calcium bestehenden.

Zusammensetzung.

Beispiele ihrer quantitativen Zusammensetzung giebt nachstehende Tabelle:

Bestandtheile für 100 Theile	I. Cheval-lier	II. v. Planta und Kekulé	III. aus L. Gmelin's Lehrb.	IV. aus L. Gmelin's Lehrb.	V. Joyeux	VI. Marcet	VII. Brandes	VIII. Phipson
Cholesterin	96	90·82	65	50	4	—	69·76	1·35
Gallenfarbstoff . .	3	0·20	} 25	} 35	} 89	—	11·38	61·36
Verseifbares Fett .	—	2·02				—	—	—
Schleim	—	1·35				—	13·20	11·50
Gallenstoffe . . .	—	0·79	3			—	5·66	2·75
Salze	—	0·28	2	8	3	100	—	13·65
Wasser	—	4·89	—	—	—	—	—	8·00

Analysen von Gallensteinen, die Ritter ausführte, ergaben keine neuen Gesichtspunkte und Thatsachen, und mögen daher nur erwähnt werden.

Auch bei Thieren finden sich Gallensteine. Die Rindsgallensteine bestehen meistentheils vorwiegend aus Bilirubinkalk, aus welchem Grunde auch diese Concretionen das passendste Material für die Darstellung des Bilirubins sind, ausserdem enthalten sie geringe Antheile an Gallensäuren, sehr wenig Cholesterin Fett und anorganische Salze, namentlich Erdphosphate. Vorwiegend aus Cholesterin bestehende Ochsengallensteine hat R. Maly niemals beobachtet. Aus einem Ochsengallensteine gewann R. Maly 45 Proc. Bilirubin. Eine eigenthümliche, ihrer Herkunft nach unbekannte Art sind die orientalischen Bezoare (wahrscheinlich von *Capra aegagrus* und *Antilope Dorias* stammend), dieselben enthalten als Hauptbestandtheil Lithofellinsäure oder auch wohl Ellagsäure.

Bildung derselben.

Die Bildung der Gallensteine scheint, sowie die anderer thierischer Concremente, das Product mehrerer Factoren zu sein. Ihre Bildung setzt vor Allem eine Zersetzung der Galle voraus, in Folge deren Ausscheidungen von Pigmentkalk und harzigen Gallenstoffen (Choloidinsäure, Cholonsäure etc.) stattfinden, die den Kern bilden, um welchen sich später das überhaupt leicht sich ausscheidende Cholesterin anlagert. Bei den cholesterinarmen Steinen bleibt es bei der Bildung der Kerne wegen geringen Cholesteringehaltes der Galle wie bei denen der Rindsgalle, oder weil die Bedingungen der Abscheidung des Cholesterins nicht gegeben sind (Thudichum).

Bildung und Metamorphosen der Galle im Organismus.

Bildung und Metamorphosen der Galle.

Da die der Galle als solcher eigenthümlichen Bestandtheile die Gallensäuren und Gallenpigmente sind, während der Schleim von der Gallenblase und den Lebergängen stammt und sich von dem Schleime anderer Schleimhäute nicht wesentlich unterscheidet, und da die in der Galle vorkommenden anorganischen Stoffe zum grossen Theile dem Schleime zugerechnet werden müssen, so ist die Frage nach der Bildung und nach den Metamorphosen der Galle im Organismus, die nach der Bildung und den Metamorphosen der Gallensäuren und der Gallenpigmente; diese Fragen haben wir aber bereits S. 190 u. 199 so ausführlich erörtert, dass hier darauf hingewiesen werden kann.

Physiologische Bedeutung der Galle.

Physiologische Bedeutung.

Wenn man bedenkt, dass ein so bedeutendes Organ wie die Leber zur Gallenbereitung dient, und wenn man sieht, wie die Natur für Ansammlung dieses Secretes so gut gesorgt hat, so muss man es von einem auch noch so gemässigten teleologischen Standpunkte aus mindestens sehr unwahrscheinlich finden, dass dieser ganze Apparat zu weiter nichts dienen solle, als dazu, ein Excret zu schaffen. Auch sollte man glauben, die physiologische Bedeutung dieses Secretes, seine Rolle im Lebensprocesse, müsse längst aufgeklärt sein. Dem ist aber keineswegs so. Lange Jahre hat man sich darüber gestritten, ob die Galle einfach die Bedeutung eines Auswurfsstoffes habe, oder ob ihr eine bestimmte physiologische Function zukomme, in welchem Verhältnisse sie zur Verdauung stehe u. s. w., und auch heute ist man über ihre physiologische Bedeutung noch keineswegs in vollkommener Uebereinstimmung.

Bei reiflicher Würdigung der Verhältnisse lässt sich nicht verkennen, dass die Gründe, welche für eine directe Betheiligung der Galle bei der Verdauung beigebracht wurden, von geringem Gewichte sind. Dagegen aber ist nicht zu bezweifeln, dass sie sich dabei indirect in mehrfacher Weise betheiligt. Vor Allem hebt die Galle, indem sie sich mit dem aus dem Magen kommenden sauren Chymus mischt, die Pepsinverdauung auf und verhindert damit die Störung der Pankreasverdauung, welche vom Trypsin abhängig ist. Denn dieses wird nach den Beobachtungen von W. Kühne durch Pepsin selbst verdaut. Hieraus würde sich auch das bisher unverständliche gesteigerte Nahrungsbedürfniss bei Gallenfistelnthieren erklären. Ebenso steht es fest, dass die Galle sich zwar nur in indirecter, aber sehr wirksamer Weise an der Resorption der Fette betheiligt. Es wird nämlich, wie vielfache Versuche gezeigt haben, die Resorption der Fette bedeutend beschränkt, wenn die Galle nicht in den Dünndarm treten kann, sei es, dass sie durch eine Fistel nach aussen geführt wird, oder dass der Ausführungsgang der Leber verstopft ist (Brodie, Tiede-

mann und Gmelin, Bidder und Schmidt). Der Beweis für die Minderung der Fettaufnahme während des aufgehobenen Gallenzuflusses wird dadurch geführt, dass der aus dem Dünndarme kommende Chylus fettärmer und der Koth entsprechend fettreicher ist. Auf welche Weise dagegen die Anwesenheit der Galle die Fettresorption befördert, ist zunächst durch die Versuche von Wistinghausen und Ch. Williams dahin aufgeklärt, dass die Galle zu Oel eine grössere Adhäsion als Wasser besitzt, sich demnach gewissermaassen wie eine Seifenlösung verhält. Während Oel durch eine mit Wasser benetzte Membran nur unter hohem Drucke hindurchgeht, geht es durch eine mit Galle benetzte ohne allen Druck. Fernerhin wirkt die Galle die Fettresorption befördernd durch ihre Fähigkeit, Fett in feine Tröpfchen zu verwandeln, zu emulgiren, wodurch die Tropfenspannung des Fettes: eines der wesentlichsten Hindernisse seiner Diffusion, herabgesetzt wird (J. Steiner). Für die physiologische Bedeutung der Galle ist ferner auch ihre Thätigkeit, freie Fettsäuren in reichlicher Menge aufzulösen und dieselben zu verseifen, in Betracht zu ziehen. Da nämlich der Pankreassaft die neutralen Fette zerlegt, so wird die Galle im Darme die ausgeschiedenen Fettsäuren verseifen und dadurch resorbirbar machen müssen, wozu noch kommt, dass die so gebildete Seife in noch viel höherem Grade wie die Galle selbst die Fähigkeit besitzt, neutrale Fette zu emulgiren (W. Kühne).

Durch Erwägungen von Liebig und später genauer noch durch Berechnungen von Bidder und Schmidt ist nachgewiesen, dass die Galle als ein Auswurfstoff nicht zu betrachten ist, da ein grosser Theil derselben durch Resorption aus dem Darme in das Blut zurückkehrt. Bezüglich der für eine solche Resorption sprechenden Gründe verweisen wir auf Seite 191 und bemerken hier nur, dass durch eine derartige Resorption auch das Vorkommen nicht unerheblicher Mengen von Taurin in den Lungen des Rindes erklärlich wird. Die wieder aufgesogene Gallenmenge: fast alles Wasser und $^7/_8$ der festen Bestandtheile (Bidder und Schmidt) bilden einen Theil der Einnahmen des Organismus, welcher keinenfalls ohne Ersatz in Wegfall kommen könnte, ohne störend in den Gang des Stoffwechsels einzugreifen. (Gesteigertes Nahrungsbedürfniss von Thieren mit Gallenfisteln).

Aus Versuchen von Huppert und Schiff an Gallenfistelhunden angestellt hat man geschlossen, dass die resorbirte Galle durch die Leber als solche wieder abgeschieden werde; neuere Versuche von N. Socoloff lassen dies aber sehr zweifelhaft erscheinen, wenn sie auch nicht hinreichen, die Frage zum definitiven Abschluss zu bringen.

XI. Chemie des Darmsaftes, Darminhaltes und der Excremente.

Literatur: Frerichs: Artikel Verdauung. Handwörterb. d. Phys. III, 1, S. 850. — Bidder u. Schmidt: Verdauungssäfte u. Stoffwechsel. 1852, S. 260. — Zander: De succo enterico. Dissert. Dorpati 1850. — Busch: Arch. f. path. Anat. XIV, 140. — Kölliker u. Müller: 2ter Ber. d. physiol. Anstalt zu Würzburg 1856, S. 77. — C. G. Lehmann: Lehrb. d. physiol. Chem. 1853. II, S. 99. — Otto Funke: Lehrb. d. Physiologie. 3te Auflage I, 320. — C. Ludwig: Lehrb. d. Phys. 2te Aufl. II, 651. — Lossnitzer: Einige Versuche über die Verdauung der Eiweisskörper. Dissert. Leipzig 1864. — Thiry: Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu Wien 1864. Nr. 6; ebendas. Bd. L. — Braune: Arch. f. path. Anat. XIX, 470. — Riesenfeld: De intestino crasso, nonnullisque in eo fermentationibus. Dissert. Berol. 1860. — Schultzen: Arch. f. Anat. u. Phys. 1864. Nr. 4, S. 491. — W. Kühne: Lehrb. d. phys. Chem. 1866, S. 136. — Chevreul u. Magendie: Annal. de chim. et de phys. T. II, p. 292. — Valentin: Arch. f. physiol. Heilk. XIII, 356. — Chevillot: Journ. de Chim. méd. 1 Sér. V, p. 596. — Marchand: bei Lehmann; Lehrb. d. phys. Chem. 2te Aufl. Bd. II, S. 107. — Planer: Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. z. Wien. Bd. XLII. — E. Ruge: ebendas. Bd. XLIV, S. 734 u. Chem. Centralbl. 1862, S. 347. — Breslau: Monatsschr. f. Geburtskunde. XXV, 238. — Wehsarg: Mikrosk. u. chem. Unters. Giessen 1852. — Ihring: Mikrosk. u. chem. Unters. Giessen 1852. — Marcet: Proceedings of the r. soc. VII, 153; Philos. Transact. 1857, p. 403; Medical times 1858. Jan.; Annal. de. chim. et de phys. 1860. — Rogers: Annal. de Chem. u. Pharm. LXV, 85. — Porter: Ebenda LXXI, 109. — Fleitmann: Poggend. Annal. LXXVI, 356. — Reischauer: N. Repert. f. Pharm. Bd. XII, S. 49. — E. Levier: Schweiz. Zeitschr. f. Heilkunde. Bd. III, S. 140. — Jäger: Artikel Enterophyten in Encyclop. der med. Wissensch. Berlin 1834. II, 172. — J. Vogel: Path. Anat. S. 341. — W. Leube: Beiträge zur Kenntniss des Dünndarmsaftes. Habilitationsschrift. Erlangen 1868; auch: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1868, S. 289. — v. Wittich: Arch. f. Physiol. II, 193. — Paschutin: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1872, S. 97. — H. Eichhorst: Arch. f. Physiol. II, 570. — Vanlair u. Masius: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1871, S. 369. — Jaffé: Ebenda 1871, S. 465. — Voit u. J. Bauer: Zeitschr. f. Biologie V, 536. — W. Leube: Sitzungsber. der physik. med. Soc. zu Erlangen IV, 36. 55. — J. F. Stark: Chem. News XXIII. 199 (Analyse eines Darmsteins vom Pferde). — C. B. Hofmann: Wiener med. Wochenschr. 1872. Nr. 24. — Rabuteau: Gaz. méd. de Paris 1874. Nr. 49. — S. N. Garland: Boston. med. and surng. Journal 1874. Mai. — Leren: Soc. de Biologie. 1874. 10. Octbr. — Czerny u. Latschenberger: Arch. f. path. Anat. u. Physiol. LIX. 161. — M. Marckwald: Arch. f. path. Anat. u. Physiol. LXIV. 505. — Zweifel: Arch. f. Gynäkol. VII. 474. — Laboulbéne: Arch. général. de med. 1873. December. — U. Kreusler: Journ. f. Landwirth. A. XXIII, 175. (Analyse eines Darmsteins). — A. Ewald: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874, S. 217. — Wegscheider: Ueber die normale Verdauung bei Säuglingen. Berlin. 1875. — L. Brieger: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. X. (1877), S. 1027.

a. Darmsaft.

Darmsaft.

Unter Darmsaft versteht man nicht etwa den, je nach der Nahrung und den verschiedensten physiologischen Verhältnissen sehr verschiedenen,

gemischten Inhalt des Darmes, sondern das Secret der schlauchförmigen (Lieberkühn'schen und Brunner'schen) Drüsen der Darmschleimhaut. Dieses Secret rein zu gewinnen bietet grosse Schwierigkeiten dar, und daher kommt es wohl auch, dass die Angaben über dasselbe sehr verschieden lauten. Thiry und später Leube, welche den Darmsaft durch Anlegung von Dünndarmfisteln bei Hunden gewannen, beschreiben ihn als dünnflüssig, hell weingelb, leicht getrübt, auch wohl gröbere Flocken absetzend (Aggregate farbloser den weissen Blutkörperchen ähnlicher Zellen), stark alkalisch reagirend und mit Säuren brausend. Das spec. Gewicht fand Thiry 1·0115. Im Widerspruche mit diesen Angaben behaupten Rabuteau und Leren, dass der Darmsaft sauer reagire und zwar nach den Versuchen des Ersteren nicht in Folge von Milchsäurebildung.

Die chemischen Bestandtheile des Darmsaftes sind noch sehr wenig gekannt. Thiry fand darin eine geringe Menge eines, nach schwachem Ansäuern in der Wärme gerinnenden Eiweisskörpers und wie aus dem Aufbrausen mit Säuren es mindestens wahrscheinlich wird, kohlensaure Alkalien. Leube constatirte ebenfalls einen, übrigens von 0·8 bis 2·7 Proc. schwankenden Eiweissgehalt und konnte Mucin darin nicht nachweisen.

Auch über die verdauenden Eigenschaften des Dünndarmsaftes lauten die Angaben vielfach widersprechend. Thiry, sowie später Leube fanden, dass reiner Darmsaft weder Amylum in Zucker verwandelte noch Albumin verdaute. Auch Acidalbumin und gekochtes Fibrin werden nach den Versuchen von Leube dadurch nicht verändert. Dagegen löst er ungekochtes Fibrin auf, was, wie Thiry durch Controlversuche zu erweisen suchte, nicht auf das Alkali des Darmsaftes allein zurückzuführen wäre. Die Wirkung auf Fibrin wurde auch von W. Kühne bestätigt und scheint die eines in alkalischer Lösung wirksamen Fermentes zu sein, denn die erhaltene Lösung verhielt sich wie eine Peptonlösung und zeigte in ihrem Verhalten von jenem des Magen- und Pankreaspeptons keine wesentlichen Abweichungen (Leube). Aus seinen Beobachtungen glaubt Leube weiterhin schliessen zu dürfen, dass Darmsaft im Stande sei, Rohrzucker in Traubenzucker zu verwandeln. Leren und Garland dagegen kamen zu abweichenden Resultaten, wobei bezüglich des Ersteren allerdings hervorzuheben ist, dass er seinen Darmsaft durch Auskneten der zerschnittenen Darmschleimhaut mit Wasser erhielt. Leren fand, dass der Darmsaft Stärke in Traubenzucker verwandelte, Eiweisskörper verdaute und Fett emulgirte, und Garland, der den Darmsaft nach der Methode von Thiry gewann, dass er Fibrin unter Bildung von Peptonen löste und zwar bei alkalischer ebenso wie bei schwach saurer Reaction, und auch Stärke in Zucker überführte.

Aus der von pankreatischem Safte möglichst gereinigten Dünndarmschleimhaut des Meerschweinchens konnte v. Wittich mit Hülfe des Glycerins, welches so kräftig die übrigen Verdauungsfermente extrahirt, keinen auf Amylum oder auf Eiweisskörper wirkenden Fermentkörper gewinnen; später jedoch gelang es ihm ein saccharificirendes Ferment aus

dem Duodenum von Kaninchen, Meerschweinchen, Hunden und Katzen zu gewinnen. Auch Paschutin will ein solches Ferment aus der Darmschleimhaut des Hundes mittelst Filtration durch Thonzellen erhalten haben, während Eichhorst beobachtete, dass die nach v. Wittich's Methode aus der gewaschenen Darmschleimhaut von Kaninchen bereiteten Glycerinauszüge auf Fibrin durchaus nicht lösend oder verdauend wirkten. Der daraus von Eichhorst gezogene Schluss, dass der Darmsaft kein eiweissverdauendes Ferment enthalte, und dass die von Thiry (und von Leube) erhaltenen Resultate durch Fäulniss bedingt gewesen seien, scheint nicht ausreichend begründet. Eine zuckerbildende Wirkung auf Amylum beobachtete Eichhorst ebenfalls am Secrete und Glycerinauszuge des Kaninchendünndarms, nicht aber an jenem des Dickdarms. Leim endlich soll nach Eichhorst unter der Einwirkung des Darmsaftes seine Gelatinirfähigkeit einbüssen.

Unter den älteren Beobachtungen sind jene von Busch von besonderem Werthe, da sie an einem Menschen unter den günstigsten Bedingungen ihrer Beweiskraft angestellt sind. Das zu den Versuchen dienende Individuum hatte eine Darmfistel, die sich am oberen Theile des Dünndarms befand. Aus der oberen dem Magen zugewendeten Oeffnung des Darms traten alle Flüssigkeiten, welche vom Magen und Duodenum herabströmten, vollkommen aus, so dass in das untere in den After ausmündende Darmstück auch nicht eine Spur von oben her gelangte. Die Stoffe, deren Verdauung geprüft werden sollte, konnten demnach durch die untere Mündung des künstlichen Afters in das mit dem Dickdarme verbundene Dünndarmstück eingeführt werden. Aus den so angestellten Versuchen, die ähnliche von Bidder u. Schmidt an Thieren angestellte fast durchgängig bestätigen, ergab sich, dass der Darmsaft gekochte Eiweisskörper, allerdings aber unter Fäulnisserscheinungen auflöste und zwar rascher, wenn man sie durch den ganzen Darm wandern liess, als wenn sie in Tüllbeuteln aufgehängt waren, und fernerhin, dass gekochte Stärke leicht in Traubenzucker verwandelt wurde.

Trotz mannigfacher Widersprüche der verschiedenen Beobachter dürfte Alles in Allem kaum zu bezweifeln sein, dass dem Dünndarmsafte bei der Verdauung eine, wenn auch mehr untergeordnete Bedeutung zukomme.

Quantitative Zusammensetzung.

Die quantitative Zusammensetzung des Darmsaftes ist nicht genau bekannt, weil seine Bestandtheile selbst qualitativ nicht genügend festgestellt sind.

Thiry fand in 100 Theilen seines reinen Darmsaftes von Hunden:

Wasser	97·585
Albuminstoffe	0·802
Sonstige organische Stoffe	0·734
Anorganische Salze	0·879

Die von Schmidt und Zander mit filtrirtem und nicht filtrirtem Darmsaft von Hunden angestellten Analysen, beziehen sich auf einen

Darmsaft, der Pankreassecret und Galle neben anderen Stoffen beigemischt enthielt.

C. Schmidt und Zander fanden in 100 Theilen solchen filtrirten Darmsaftes des Hundes:

Wasser	96·533
Feste Stoffe	3·467
Albumin, Darmsaftferment und unlösliche Salze	0·955
Gallensaure Salze	1·657
Taurin	0·026
Fette	0·070
Extractivstoffe	0·372
Kalium	0·015
Natrium	0·145
Chlor	0·211
Phosphorsaure Erden	0·006

b. Darminhalt.

Chymus des Dünndarms.

Chymus des Dünndarms. Unter Chymus im engeren Sinne versteht man den Brei, in welchen die genossenen Nahrungsmittel in Folge der Verdauung umgewandelt werden, und welcher ausser den verdauten Elementen der Nahrung, auch unverdaute und unverdauliche Elemente derselben und theils unzersetzte, theils bereits metamorphosirte Bestandtheile der Verdauungssäfte, demnach im Magen Magensaft, Magenschleim und Speichel, im Dünndarm aber ausserdem noch Bauchspeichel, Galle und Darmsaft enthält.

Der Chymus des Dünndarms reagirt bald sauer, bald alkalisch, am häufigsten aber neutral (Busch). Er besteht aus festen Partikelchen, flüssigen Fetten und Gasbläschen, welche in einer wässerigen Lösung aufgeschwemmt sind; von dem Chymus des Magens unterscheidet sich der des Dünndarms dadurch, dass bei letzterem die festen Partikelchen kleiner, die Fetttröpfchen ebenfalls feiner vertheilt sind und derselbe durch beigemengte Galle gelb gefärbt ist.

Die aufgeschwemmten Massen bestehen aus unverdauten Speiseresten: Fetttropfen, Stärkekörnern, Muskelfasern, Zellengewebsfibrillen, Muskelprimitivbündeln, Knochen- und Knorpelresten, Pflanzengeweben, Epithelialschuppen, elastischem Gewebe; ferner aus Kalkseifen, harzigen Zersetzungsproducten der Galle, Cholesterin und Schleim. Je weiter sich das Darmrohr vom Pylorus entfernt, desto mehr überwiegen die unlöslichen und unverdaulichen festen Bestandtheile die löslichen. Nach dem Genusse von Backwerk kommen im Inhalte des Dünndarms gewöhnlich Hefenzellen vor.

Die wässerige Lösung enthält nach C. G. Lehmann's Angaben sehr häufig Zucker und zwar Traubenzucker oder Fruchtzucker, nach dem Genusse von Rohrzucker auch diesen (Köbner, Busch), ferner

Milchsäure und ihre Salze, namentlich nach dem Genusse von Amylaceïs. Die saure Reaction, welche der Chymus des Dünndarms in seinen oberen Partien, im Duodenum häufig zeigt, rührt zum Theil noch von der Säure des Magensaftes her, ist aber in den tieferen Partien durch Milchsäurebildung und Säurebildung überhaupt nach Aufnahme vegetabilischer Nahrungsstoffe, und möglicherweise auch durch freigewordene Gallen- und Fettsäuren bedingt. Im Coecum und Colon findet zuweilen wahre Buttersäuregährung aus Stärkmehl und Zucker statt. Nach Milchgenuss und nach Fettaufnahme ist der Darminhalt gewöhnlich von saurer Reaction. Im wässerigen Auszuge des Chymus des Dünndarms findet sich ferner gewöhnlich noch unzersetzte Galle; von den Zersetzungsproducten derselben: Taurin, ausserdem Leucin, Ammoniaksalze, geringe Mengen von Albuminstoffen und Peptonen und lösliche Salze. Auch hat man darin nach dem Genusse von Amylaceïs geringe Mengen von Dextrin nachgewiesen.

Den Chymus, welcher aus einem 12 Zoll oberhalb der Bauhin'schen Klappe gelegenen, widernatürlichen After bei einer Frau gewonnen wurde, fand Lossnitzer nach Genuss von Milch, Brot, Mehlsuppe und wenig Fleisch, flockig, hellgelb, trübe, von saurer Reaction und beim Stehen reichlich Gas entwickelnd. Der Geruch erinnerte an jenen flüchtiger Fettsäuren. Lossnitzer wies in diesem Chymus Albumin, Peptone (?), aber keine Parapeptone, ausserdem Gallensäuren nach. Unverändertes Gallenpigment konnte er ebenso wenig wie Zucker nachweisen. Dagegen besass der Chymus die Eigenschaft, Stärke energisch in Zucker zu verwandeln. Eiweisskörper veränderte er nicht. Aehnliches fand Braune bei einem anus praeternaturalis am unteren Theile des Dünndarms. Auch Braune vermisste den Zucker, er fand aber darin Buttersäure.

Alkohol zieht aus dem Inhalte des Dünndarms, namentlich seiner tieferen Partien, Indol, harzartige Zersetzungsproducte der Galle: Choloidinsäure, Cholsäure, Dyslysin und verändertes Gallenpigment aus. Letzteres lässt sich im alkoholischen Auszuge zuweilen noch durch salpetrige Säure enthaltende Salpetersäure nachweisen, allein meist ist es schon weiter verändert. Ob das im Darminhalte aufgefundene Urobilin (vgl. S. 196) schon im Inhalte des Dünndarms vorkommt, oder aber erst im Dickdarme auftritt, ist aus den darüber bekannt gewordenen Mittheilungen nicht zu ersehen. Die grösste Menge dieses Körpers fanden Vanlair und Masius in dem sauer reagirenden Darminhalte eines Menschen, welcher an Verdauungsstörungen litt, nur noch von fast rohem Fleisch und Wein lebte, ausserdem aber grosse Mengen von eingemachten Johannisbeeren ass.

Inhalt des Dickdarms.

Der Inhalt des Dickdarms nähert sich, aus je tieferen Partien er genommen wurde, mehr und mehr dem wirklichen Kothe und wird überhaupt in demselben Maasse ärmer an löslichen Bestandtheilen; lösliche Albuminstoffe, Peptone, Zucker, unzersetzte Galle, lösliche Salze

treten immer mehr zurück oder verschwinden gänzlich, die Reaction wird deutlich alkalisch und von Gallenstoffen finden sich selbst nur wenige in Alkohol lösliche Zersetzungsproducte; meist nur in Aether lösliches Dyslysin. Die unverdaulichen Speisereste treten dagegen immer mehr in den Vordergrund. Die im Dickdarme vor sich gehenden chemischen Processe nehmen unter massenhafter Bacterienbildung und reichlichem Auftreten von Indol mehr und mehr den Charakter der Fäulniss an, oder es sind wenigstens Vorgänge, die der Fäulniss chemisch nahe verwandt sind. Zucker und Amylum, durch Klystiere in den Dickdarm von Kaninchen oder Hunden gebracht, gehen daselbst unter Bildung von Milchsäure, Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure in saure Gährung über. Injectionen von ungesalzener Butter und Eiweiss liefern ebenfalls flüchtige Fettsäuren. Milchsäure findet sich endlich nach Einführung von Stärke und von Milch (Riesenfeld). Aus den Versuchen von J. Bauer und H. Eichhorst, sowie aus den Beobachtungen von Leube, dem es gelang, Kranke durch Zufuhr der Nahrung per anum zu ernähren, und auch beim Hunde ähnliche Resultate zu erzielen, schien hervorzugehen, dass auch vom Dickdarm aus noch Verdauung und Resorption der Nahrungsstoffe stattfinden könne. In neuerer Zeit ergab sich Gelegenheit dieser Frage näher zu treten und zwar durch Versuche an Menschen mit Anus präternaturalis. Czerny und Latschenberger benutzten zu denselben einen Menschen, bei welchem die Eingangsöffnung des widernatürlichen Afters zum unteren Darmstück von der Ausgangsöffnung des oberen vollständig getrennt war. Die Untersuchungsmethode bestand darin, dass die zu prüfenden Flüssigkeiten mittelst eines Kautschukschlauches in die Darmöffnung eingeführt und nach einiger Zeit mit der Schlundsonde wieder herausgenommen wurden. Die Resultate waren völlig negativ. Eiweisskörper wurden nicht verdaut, Stärke blieb unverändert und Fette wurden nicht emulgirt. Flüssiges Eiweiss wurde resorbirt, aber als solches. Diese Resorption wurde durch einen Zusatz von Chlornatrium verhindert, eine Angabe, die mit den Befunden von Voit und Bauer im Widerspruche steht. Aehnliche Versuche stellte Marckwald an. Auch er fand, dass Stärke unverändert blieb, Fibrin jedoch wurde in nicht unerheblicher Menge gelöst und zwar unter Bildung von Peptonen, Tyrosin und Indol; ähnlich verhielt sich Hühnereiweiss. Da aber damit massenhafte Bacterienbildung Hand in Hand ging, so muss der Vorgang als Fäulnisserscheinung aufgefasst werden. Resorption von Wasser fand statt, nicht aber von Hühnereiweiss. Nach alledem erscheint es sehr problematisch, ob im Dickdarm eine wirkliche Verdauung stattfindet. Wenn Leube Kranke durch Zufuhr von Nahrung per anum ernähren konnte, so kommt dabei in Betracht, dass er zu seinen Versuchen eine Mischung von fein zerhacktem Fleisch und Pankreassubstanz verwendete.

Erbrochene Massen.

Erbrochenes.

Die erbrochenen Massen sind wo möglich noch complexerer Natur als der Chymus; sie enthalten nämlich nicht nur die Secrete der Magendrüsen und Magenschleimhaut und die Flüssigkeiten des Oesophagus und Pharynx, sondern auch die Secrete des hinteren Schlundes und der Mundhöhle, sonach: Magenschleim, Magensaft und Schleim der auf dem Wege liegenden Schleimhäute überhaupt, Parotiden- und Speicheldrüsensecret, ferner die Secrete des oberen Theils des Dünndarmes und der in diesen sich ergiessenden Stoffe, wie z. B. Galle, endlich neben den Contentis des Magens und eines Theils des Dünndarmes, Umsatzproducte der halb- oder ganz verdauten Speisen.

In Folge pathologischer Processe können sie ferner flüssiges und geronnenes Blut, Gewebsbestandtheile, eigenthümliche Pilz- und Infusorienbildungen und die mannigfachsten Zellenbildungen aus Pseudoplasmen enthalten.

Die mikroskopischen Elemente, auf die man sonach bei der Untersuchung erbrochener Massen Rücksicht zu nehmen hat, sind folgende:

Epithelialgebilde aller Art, namentlich aber Cylinderepithelien, cytoide Körperchen, Molecularkörnchen, Stärkekörner, Pflanzenzellen und Gefässe, Chlorophyllkörner, Fettbläschen und Fettzellen, Muskelfasern und Primitivmuskelbündel, glatte Muskelfasern, Bindegewebs- und elastische Fasern, gewöhnliche Gährungspilze; ferner: Körnerhaufen, kernhaltige Zellen, endogene Zellenbildungen aus Pseudoplasmen, Pigmentzellen, Blutkörperchen, Faserstoffgerinnsel, endlich *Sarcina Ventriculi Goodsir.* Letztere findet man am häufigsten, wenn die Speisen vor dem Erbrechen lange im Magen verweilt haben, z. B. bei Magenkrebs.

Die chemischen Bestandtheile des Erbrochenen, sind die Bestandtheile des Schleimes, Magensaftes und Speichels, ferner die Bestandtheile der gerade genossenen Nahrung, letztere sonach sehr wechselnd; ferner Umsatzproducte der Nahrung, sonach: Peptone, Dextrin, Zucker, flüchtige Fettsäuren, namentlich essigsaure und buttersaure Salze, Milchsäure, frei und gebunden, zuweilen auch freie Essig- und Buttersäure; weiterhin Bestandtheile der Galle und zwar ebensowohl Gallensäuren als Gallenpigmente (Vomitus aeruginosus), Blutbestandtheile: Albumin, Fibrin, Hämoglobin (blutiges Erbrechen), Bestandtheile des Eiters, endlich Harnstoff und Ammoniumcarbonat (in der Cholera und bei Urämie). Im Erbrochenen eines an Magengeschwür leidenden Patienten bei Nahrung mit Kaffee, Bouillon mit Reis, Mehlsuppe, fand Schultzen ausser Dextrin, Traubenzucker, flüchtigen Fettsäuren und Milchsäure Hefenpilze und Alkohol. Die Gegenwart von Bernsteinsäure wurde wahrscheinlich gemacht. Der Alkohol konnte wohl nur das Product eingetretener geistiger Gäh-

rung des Zuckers sein. Ausserdem enthält das Erbrochene die gewöhnlichen anorganischen Salze, vorwiegend aber Chlormetalle.

Verdauungs- und Darmgase.

Darmgase.

Die im Darmcanal vor sich gehenden Processe sind mehr oder weniger mit Gasentwickelung verbunden, die, wenngleich unter normalen Verhältnissen sehr zurücktretend, im Magen schon beginnt (Aufstossen). Doch haben die in letzterem und auch die im Dünndarme vorkommenden Gase zum Theil ihren Ursprung von aussen, in der beim Kauen und Einspeicheln der Nahrung, beim Verschlucken des Speichels in den Magen gelangenden atmosphärischen Luft. Bedeutendere Gasansammlungen im Magen sind immer nur pathologische Erscheinungen.

In den im Magen normal oder pathologisch enthaltenen Gasen hat man als Bestandtheile Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Sumpfgas, Aethylengas, Kohlensäure und Spuren von Schwefelwasserstoffgas nachgewiesen.

Im Gasgemenge des Dünndarms: Kohlensäure, Wasserstoff, Stickstoff, Sumpfgas und Schwefelwasserstoff. Ausserdem wollte man auch Ammoniak im Darme aufgefunden haben. Dieselben Gase wurden im Dickdarme aufgefunden.

Quantitative Zusammensetzung.

Die vorhandenen älteren quantitativen Analysen der im Magen und Darmcanal enthaltenen Gasgemenge, von Magendie und Chevreul mit den Magen- und Darmgasen hingerichteter gesunder Verbrecher angestellt, jene Chevillot's von an Typhus Verstorbenen, und die von Valentin mit den Magen- und Darmgasen durch Verblutung getödteter Pferde ausgeführten, endlich die Analysen der Flatus von Marchand, können aus verschiedenen Gründen nicht als annähernd wahrer Ausdruck der Zusammensetzung derselben bei gesunden Menschen angesehen werden. Sie sind zum Theil Leichen entlehnt, oder sonst unter ihre Reinheit nicht vollkommen garantirenden Bedingungen gewonnen, zum Theil rührten sie von Thieren her, deren Ernährungsmodus einen Rückschluss auf den menschlichen Organismus kaum gestattet. Endlich stammen diese Analysen zum Theil aus einer Zeit, in der die Methoden der Gasanalyse noch sehr unvollkommene und weit entfernt von jener Genauigkeit waren, welche die gegenwärtigen gasometrischen Methoden kennzeichnet.

Von Planer und von E. Ruge sind Analysen der im Magen und Darmcanal sich entwickelnden Gase angestellt, die, nach exacteren Methoden ausgeführt und auf rationellen Versuchsbedingungen fussend, mehrere wichtige Schlüsse gestatten.

Planer experimentirte mit Hunden, welche einige Tage hintereinander eine bestimmte Nahrung erhalten hatten. Einige Stunden nach der Mahlzeit wurden die Thiere getödtet, die Wände des Darmcanals sogleich nach Eröffnung der Bauchhöhle mit Fett bestrichen, die einzel-

nen Abschnitte des Darmes abgebunden und dann die in den Schlingen enthaltenen Gase über Quecksilber aufgefangen; oder er brachte den Magen- und Darminhalt unmittelbar über Quecksilber, setzte ihn dann einer Temperatur von 25⁰ bis 30⁰ C. aus und analysirte die durch Gährung entstandenen Gase. Nach den Untersuchungen von Planer findet bei normaler Verdauung Gasentwickelung im Magen nur ausnahmsweise statt; Wasserstoff wurde von ihm in den Magengasen niemals aufgefunden. Da er beobachtet hatte, dass sich bei der Gährung des Dünn- und Dickdarminhaltes eine freie Säure entwickelt hatte, auf deren Zunahme die Gährung schwächer wurde, während sie nach der Neutralisation der Säure wieder in lebhafteren Gang kam, so stellte er Versuche an, um zu ermitteln, ob die freie Säure des Magensaftes Grund der im Magen so seltenen Gasentwickelung sei. Aus diesen Versuchen ergab sich die Richtigkeit dieser Voraussetzung und zugleich, dass Zusatz von Magnesia zur Nahrung die Bildung der Gase im Darmcanal namentlich auch des Wasserstoffs befördert, Zusatz von Säuren sie dagegen hemmt. In den weiteren Stadien der Verdauung im Darmcanal findet nach Planer bei Fleisch- und Pflanzenkost anfänglich Bildung von Kohlensäure und Wasserstoff, später nur Bildung von Kohlensäure statt. Nach Fleischkost findet sich im Dickdarme Schwefelwasserstoff, nicht aber bei Pflanzenkost; bei letzterer Art der Nahrung ist die Gasentwickelung übrigens ungleich bedeutender. Sumpfgas konnte Planer niemals in den Verdauungsgasen der Hunde nachweisen.

Nachfolgende Tabellen geben die quantitativen Resultate der Planer'schen Versuche:

Versuchsbedingungen.	Magengase			Dünndarmgase				Dickdarmgase			
	Kohlensäure	Sauerstoff	Stickstoff	Kohlensäure	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Kohlensäure	Wasserstoff	Schwefelwasserstoff	Stickstoff
I. Fleischkost, 3 St. nach der Mahlzeit	25·2	6·1	68·7	40·1	13·9	0·5	45·5	74·2	1·4	0·8	23·6
II. Fleischkost, 5 St. nach der Mahlzeit	—	—	—	—	—	—	—	98·7	—	1·3	—
III. Brodfütterung	—	—	—	38·8	6·3	0·7	54·2	—	—	—	—
IV. Hülsenfrüchte	32·9	0·8	66·3	47·3	48·7	—	4·0	65·1	2·9	—	5·9

Im Magen wird aller Sauerstoff resorbirt und Kohlensäure tritt an seine Stelle. In der That enthalten die Dünndarmgase, wie aus obiger Tabelle ersichtlich ist, nur Spuren von Sauerstoff. Ihre Kohlensäure

und ihr Wasserstoff stammen zum grossen Theil aus im Darmchymus vor sich gehenden Gährungsprocessen.

Die Gährungsgase des Dickdarminhaltes nach 8tägiger Gährung bestanden bei Fleischkost aus 98·7 Proc. Kohlensäure und 1·3 Proc. Schwefelwasserstoff; nach 24stündiger Gährung bestanden die Gährungsgase des Dünndarmes aus 80·7 Proc. Kohlensäure und 19·3 Proc. Wasserstoff, jene des Dickdarmes aus 99 Proc. Kohlensäure und 1 Proc. Schwefelwasserstoff (bei Fleischkost). Bei Fütterung mit Hülsenfrüchten enthielten die Gährungsgase des Dünndarmes nach 24stündiger Gährung 66·2 Proc. Kohlensäure und 33·8 Proc. Wasserstoff, jene des Dickdarmes 98·1 Proc. Kohlensäure und 1·9 Proc. Wasserstoff; nach 3monatlicher Gährung bestand das Dünndarmgas aus 73 Proc. Kohlensäure und 27 Proc. Wasserstoff, jenes des Dickdarmes nur aus Kohlensäure.

Planer ermittelte die für die Deutung mehrerer Erscheinungen wichtige Thatsache, dass die Darmgase bei längerem Aufenthalt im Darme zum Theile resorbirt werden, dass aber auch durch Rückdiffusion Gase aus dem Blute in den Darm gelangen können. Mit Wasserstoff oder Schwefelwasserstoff gefüllte Darmschlingen sah Planer nach der Reposition sehr rasch zusammenfallen, Wasserstoff wurde ins Blut diffundirt und Kohlensäure gelangte aus diesem in den Darm. Die Diffusion zwischen Blut- und Darmgasen ist eine sehr rasche, so tritt namentlich Schwefelwasserstoff ausserordentlich schnell ins Blut über. Schon 1 bis 2 Minuten nach Injection von mit dem 10fachen Volumen Wasserstoffgas verdünnten Schwefelwasserstoffgase in den Dickdarm von Hunden, traten Vergiftungserscheinungen auf. Planer wies im Blute den diffundirten Schwefelwasserstoff nach, konnte aber selben in der exspirirten Luft nicht constatiren, während nach W. Kühne auch in dieser sich der Schwefelwasserstoff durch Schwärzung von Bleipapier leicht constatiren lässt.

Bei der Untersuchung der Gase aus dem Verdauungscanal menschlicher Leichen, deren Fäulniss durch Kälte gehemmt war, erhielt Planer nachstehende Resultate:

In 100 Vol. Gas	Magengase		Dünndarmgase		Dickdarmgase		
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	III.
Kohlensäure	20·79	33·83	16·23	32·27	30·64	34·80	34·19
Wasserstoff	6·71	27·58	4·04	35·55	—	—	—
Sumpfgas	—	—	—	—	—	—	12·88
Schwefelwasserstoff	—	—	—	Spur	—	—	Spur
Stickstoff	72·50	38·22	79·73	31·63	69·36	65·20	50·20
Sauerstoff	—	0·37	—	0·05?	—	—	2·73*

* Von hinzugetretener atmosphärischer Luft stammend.

E. Ruge hat zahlreiche Analysen der dem lebenden Menschen entnommenen Darmgase ausgeführt und dabei besonders auch den Einfluss berücksichtigt, den auf ihre Zusammensetzung die Natur der genossenen Nahrungsmittel ausübt. Der Natur der Sache nach konnte sich übrigens die Untersuchung nur auf die Dickdarmgase (Flatus) beziehen, welche direct aus dem Anus durch ein Röhrensystem in die Recipienten geleitet wurden.

Als Bestandtheile der menschlichen Dickdarmgase wies Ruge Kohlensäure, Stickstoff, Grubengas und Wasserstoff nach; Schwefelwasserstoffgas fand sich selten, selbst in sehr stark riechenden Flatus in quantitativ kaum bestimmbarer Menge; auf Sauerstoff, ölbildendes und Ammoniakgas wurde mit stets negativem Erfolge geprüft. Die von Ruge erhaltenen Resultate weichen von den Planer'schen vorzugsweise darin ab, dass Letzterer in den Darmgasen des Menschen nur einmal Grubengas nachweisen konnte, bei Hunden aber niemals, während nach Ruge Grubengas zu den normalen Bestandtheilen der Darmgase des Menschen gehört; auch Ruge vermochte übrigens in den Darmgasen des Hundes kein Grubengas nachzuweisen. Ruge bestätigte ausserdem die Angabe Planer's, dass Kohlensäure und Schwefelwasserstoff die Gährungsgase der Fäcalstoffe seien.

Aus den zahlreichen quantitativen Analysen der Darmgase verschiedener Versuchspersonen ergab sich als nächstes Resultat, dass ihre Zusammensetzung, selbst bei einem und demselben Individuum, grossen Schwankungen unterworfen sei, und zwar gab sich bald als Hauptquelle der Verschiedenheit die Art der Nahrung zu erkennen. Nachstehende Zusammenstellung der von Ruge ausgeführten Analysen giebt darüber Aufschluss:

	Milchnahrung		Hülsenfrüchte					Fleischnahrung		
	I.	II.	I.	II.	III.	I a.	I b.	I.	II.	III.
Kohlensäure . .	16·8	9·9	34·0	38·4	21·0	35·4	17·6	13·6	12·4	8·4
Stickstoff . . .	38·3	36·7	19·1	10·6	18·9	21·8	32·2	45·9	57·8	64·4
Grubengas . . .	0·9	—	44·5	49·3	55·9	42·8	50·2	37·4	27·5	26·4
Wasserstoff . .	43·3	54·2	2·3	1·5	4·0	—	—	3·0	2·1	0·7

I a. und I b. beziehen sich auf ein und dieselbe Versuchsperson. I a. 48 Stunden nach dem Beginne der Leguminosendiät aufgesammelt, I b 24 Stunden nach der ersten Aufsammlung.

Aus diesen Analysen ergiebt sich als unzweifelhaftes Resultat, dass bei Fleischnahrung Stickgas der bei Weitem überwiegende Bestand-

theil der Darmgase ist, bei Milchnahrung: Wasserstoffgas und bei Nahrung mit Leguminosen: Grubengas. Ferner ergiebt sich, dass beim Genusse von Fleisch und Leguminosen die Darmgase äusserst wenig oder gar keinen Wasserstoff enthalten, sowie dass Grubengas bei Milchnahrung ganz fehlt. Die Ergebnisse der beiden an einer und derselben Versuchsperson angestellten Versuche, I a. und I b., lehren endlich, dass mit der Dauer der Kost von Leguminosen der Gehalt an Grubengas wächst, jener an Kohlensäure dagegen abnimmt.

In den Darmgasen von Hunden und Kaninchen, welche mit Bohnen und Erbsen gefüttert wurden, fand C. B. Hofmann niemals Grubengas, ebenso wenig in den Zersetzungsgasen, welche sich aus Bohnenmehl mit Darminhalt eben getödteter Kaninchen im Brütofen gebildet hatten.

Wenn die Gase im Dickdarme längere Zeit zurückgehalten werden, so vermindert sich ihr Volumen ebenso wie im Dünndarme, und es findet Wiederaufnahme ins Blut statt. Es kann demnach keinem Zweifel unterliegen, dass die Darmgase, soweit sie nicht direct oxydirbar sind, als solche wieder in der Ex- und Perspirationsluft erscheinen müssen. Hieraus erklärt sich zur Genüge das von Regnault u. Reiset und von Pettenkofer u. Voit constatirte Vorkommen von Wasserstoffgas in den Perspirationsgasen der Thiere. Bemerkenswerth ist die Angabe Breslau's, dass bei todtgeborenen Kindern niemals Gas in irgend einem Theile des Darmtractus vorkomme. Erst mit der Respiration beginne, unabhängig von der Nahrungsaufnahme, vom Magen her Gasentwickelung im Darmcanal.

Magengährung.

Einen merkwürdigen Fall von Magengährung und Bildung von Magengasen mit gelb brennender Flamme beobachtete A. Ewald. Die Production von Gas bei dem seit lange an Verdauungsstörungen leidenden Patienten war intermittirend. Zwei Analysen des über Quecksilber aufgefangenen Gases ergaben nachstehende Zahlen:

	I.	II.
Kohlensäure	17·4	20·57
Wasserstoff	21·52	20·57
Grubengas	2·71	10·75
Aethylengas	Spur	0·20
Sauerstoff	11·91	6·52
Stickstoff	46·44	41·38

In beiden Fällen enthielt das Gas eine Spur von Schwefelwasserstoff. Bemerkenswerth ist das Vorkommen von Kohlenwasserstoffen, die bisher nur im Dickdarme gefunden sind. Im Mageninhalte des Patienten wies Rupstein Milchsäure, Essigsäure, Buttersäure und höhere Homologe nach. Der Nachweis von Alkohol blieb zweifelhaft. Es fand daher im Magen wahrscheinlich gleichzeitig Alhohol-, Milchsäure- und Buttersäuregährung statt.

c. Excremente. Fäces.

Excremente.

Die aus dem Mastdarme in der Gestalt der Excremente tretenden Stoffe bestehen aus unverdauten und unverdaulichen Nahrungsresiduen und aus den im Darmcanal abgesonderten und theilweise metamorphosirten Substanzen wie Galle, Bauchspeichel, Darmschleim und Darmsaft. Von diesen Secreten wird die Galle, wie bereits gezeigt wurde, zum grossen Theil wieder in das Blut resorbirt, und nur ein geringer Theil derselben wird im Darmcanal zu harzigen und anderen Zersetzungsproducten umgewandelt und findet sich in den Excrementen; dasselbe gilt vom Bauchspeichel.

Die Excremente enthalten in wechselnden Verhältnissen Festes und Flüssiges. Das Flüssige gewinnt über das Feste um so mehr das Uebergewicht, je rascher die Speisen durch den Darmcanal gegangen sind, je mehr der aufsaugende Apparat in seiner Thätigkeit beschränkt ist, je mehr Stoffe im Darmrohr enthalten sind, welche grosse Affinität zum Wasser besitzen, und die mit geringer Geschwindigkeit durch die Darmwand in die Blut- und Lymphgefässe treten.

Mikroskopische Elemente.

Man findet bei ihrer mikroskopischen Untersuchung Epithelialgebilde und überhaupt die bereits oben erörterten morphotischen Bestandtheile des Schleimes; letztere bei catarrhalischen Diarrhöen oft in so bedeutender Menge, dass die Stühle dadurch ein milchiges Aussehen erlangen (Chylorrhoea); man findet ferner die Elementarformbestandtheile der Nahrungsresiduen, als: Pflanzenzellen und Spiralgefässe, Stärkmehlkörner, Primitivmuskelbündel, parallelopipedische Stücke derselben gewöhnlich gelb tingirt, Bindegewebsfasern, Fettbläschen und Fettzellgewebe; in Folge pathologischer Processe im Darme und auf der Darmschleimhaut können ferner die Excremente Gewebsbestandtheile der Membranen des Darmes, Exsudatmassen, Blutkörperchen und Faserstoff, endogene Zellenbildungen u. s. w. enthalten. Bacterien und Pilze sind ferner eine ebenso wenig seltene Erscheinung in den Excrementen, als Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia.

Chemische Bestandtheile.

An chemischen Bestandtheilen hat man folgende nachgewiesen: Wasser, — geringe Mengen von Albuminstoffen (nicht constant), Fette (zuweilen in bedeutender Menge) von salbenähnlicher Consistenz (Fettstühle), — Kalk- und Magnesiaseifen, — Excretin, — Cholesterin, — Indol, vorzugsweise in den Hundefäces, — das dem Indol sehr ähnliche Skatol (vgl. S. 314) in den menschlichen Fäces, den specifischen Fäcalgeruch bedingend, — Phenol (Brieger), — flüchtige Fettsäuren, worunter normale Buttersäure und Isobuttersäure (Brieger),

und Essigsäure (vorwiegend), — Milchsäure, alle diese Säuren ganz oder zum Theil an Basen gebunden, — Traubenzucker (zuweilen) — gallensaure Salze (glycochol- und taurocholsaures Natrium) nur dann, wenn die Speisen den Darmcanal rasch durchlaufen, bei catarrhalischen Diarrhöen, nach dem Gebrauche von salinischen Abführmitteln, bei Tuberculose und wenn reichlichere Gallensecretion stattfindet, — Gallenfarbstoff (meist verändert), — Urobilin, — Taurin, — Cholsäure, Dyslysin und Choloidinsäure — und anorganische Salze, worunter wenig lösliche: Chlornatrium und Chlorkalium, kohlensaure und schwefelsaure Alkalien, dagegen phosphorsaure Erden, namentlich Magnesiumphosphat, Ammonium-Magnesiumphosphat, Eisen und Kieselerde. Nur wenn die Speisen den Darmcanal sehr rasch durchlaufen, gehen lösliche Salze in erheblicherer Menge mit dem Kothe ab.

Das Skatol macht die Hauptmenge der flüchtigen Bestandtheile der menschlichen Fäces aus, während Indol darin nur in Spuren vorkommt. Im Gegensatze dazu enthalten die Hundefäces, sowohl bei Fleisch- wie bei Brodnahrung kein Skatol, sondern Indol und ein gelbes Oel von widrigem Geruch. Dagegen findet sich Indol im Darminhalte plötzlich verstorbener Menschen (Brieger).

In blutigen und eitrigen Stühlen finden sich ausserdem noch die Bestandtheile des Blutes und Eiters; die Excremente nach Calomelgebrauch enthalten häufig unzersetzte Galle, beinahe constant aber Schwefelquecksilber; Stühle nach dem Gebrauche von Eisenpräparaten oder eisenhaltigen Mineralwassern enthalten Einfach-Schwefeleisen.

Die Excremente beim dysenterischen und Choleraprocess sind als Darmcapillartranssudate anzusehen, die bei Dysenterie sehr reich an Albumin, bei Cholera aber sehr arm an Albumin und reich an löslichen Salzen, besonders Chloralkalien sind. Auch die Typhusstühle sind reich an Chloralkalien und enthalten lösliches Albumin, aber kein Skatol (Brieger).

Allgemeines chemisches Verhalten.

Allgemeines chemisches Verhalten. Normale menschliche Fäces nach gemischter Kost sind von teigartiger oder breiiger Consistenz und dunkel gelbbrauner Farbe, nach reiner Fleischkost noch dunkler, nach Milchgenuss gelb, nach dem Gebrauche von Calomel grün (von beigemengtem Schwefelquecksilber und Gallenpigment), ebenso auch grün nach Gebrauch von Eisenpräparaten und von Indigo, schwarz zuweilen nach dem Gebrauche von Eisenpräparaten, lichtgelb nach dem Gebrauche von Gummigut, Rheum und Safran. Der Geruch der Excremente ist ein eigenthümlicher und rührt jedenfalls zum grossen Theil von Indol oder von Skatol her.

Die Reaction der Fäces ist häufig sauer, oft aber auch neutral oder alkalisch. An Wasser, Alkohol und Aether geben sie verhältnissmässig wenig ab, durch verdünnte Salpetersäure werden sie roth

gefärbt. Die Auszüge sind rothbraun gefärbt, fluoresciren und geben in der Regel weder die Reaction auf Gallensäuren noch die auf Gallenpigment.

Siedender Alkohol zieht aus den Excrementen unter anderen Stoffen auch das Excretin aus. Die alkoholische Lösung, mehrere Stunden der Ruhe überlassen, setzt ein aus Kalk- und Magnesiaseifen und aus Erdphosphaten bestehendes Sediment ab; das Filtrat davon mit Kalkmilch geschüttelt, giebt das Excretin an den Kalk ab: die Kalkverbindung mit ätherhaltigem Alkohol behandelt, giebt eine Lösung, aus welcher das Excretin allmählich auskrystallisirt. Ein heiss bereiteter Alkoholauszug enthält ausserdem noch einen ölartigen Körper von fäculentem Geruch, der durch Kalkhydrat ebenfalls gefällt wird. Man gewinnt ihn durch Behandlung des Kalkniederschlages mit Schwefelsäure und Schütteln mit Aether. Die Lösung ist von saurer Reaction (Marcet's Excretolinsäure).

Durch Abschlämmen und Auskneten frischer normaler Fäces unter Wasser, erhält man Flüssigkeiten, aus denen sich in der Ruhe ein krystallinisches Sediment absetzt, welches aus Krystallen von Ammonium-Magnesiumphosphat, Magnesiumphosphat der Formel $Mg'' HPO_4 + 3 H_2O$, und scharfkantigem quarzigem Sande besteht (Reischauer).

Werden menschliche Fäces mit Wasser zum Brei angerührt, mit Essigsäure angesäuert und destillirt, so erhält man ein Destillat, welches mit Natron neutralisirt und mit Aether ausgeschüttelt, an diesen Skatol und Indol neben anderen färbenden Stoffen abgiebt. Die Aetherlösungen verdunstet, hinterlassen einen öligen Rückstand, der beim Stehen an der Luft krystallinisch erstarrt und im Wesentlichen aus Skatol besteht, neben geringen Mengen von Phenol und Indol. Die Mutterlauge von den Krystallen mit Kalilauge versetzt und destillirt, liefert ein Skatol und Indol enthaltendes Destillat, während der Retortenrückstand, mit Schwefelsäure destillirt, ein phenolhaltiges Destillat liefert (Brieger).

Bei Icterus, der von Verstopfung der Gallengänge herrührt und bei Thieren, deren Galle durch künstlich angelegte Fisteln nach aussen entleert wird, sind die Excremente von schmutzig-weisser Farbe, riechen sehr faulig, und enthalten mehr Fett als gewöhnlich.

Im Typhus sind sie meist flüssig, von heller Farbe, von sehr intensivem Geruch und von alkalischer Reaction. Beim Stehen setzen sie einen gelblichen schleimigen Bodensatz ab, der neben Schleim, Speiseresten u. dgl. gewöhnlich auch reichlich Krystalle von Ammonium-Magnesiumphosphat enthält. Die Flüssigkeit über dem Sedimente enthält Albumin, viel lösliche Salze und Gallenbestandtheile.

In der Dysenterie besitzen die Excremente im Anfange noch den fäcalen Charakter; später nehmen sie die Gestalt seröser Flüssigkeiten an und enthalten sehr viel Albumin aufgelöst, auch Gallenpigmente und Gallensäuren sind zugegen.

Die Cholerastühle haben das bekannte reiswasserähnliche Aussehen; sie enthalten viel Epithelien (woher das opaline Aussehen) suspendirt und sind ausserordentlich reich an Chloralkalien, namentlich an Kochsalz. Die Menge des Chlornatriums beträgt oft mehr, wie die Gesammtmenge der organischen Stoffe. Auf Zusatz von Salpetersäure nehmen die Choleradejectionen (auch die Typhusstühle) eine rosenrothe Färbung an.

In den Stühlen bei einer Cholerineepidemie fand Levier Leucin (auch in den ganz frischen) und einmal auch Tyrosin.

Die hellgelben halbflüssigen Excremente der Säuglinge enthalten sehr viel Fett und geronnenes Caseïn (?). Im alkoholischen Extracte lassen sich in der Regel Gallenfarbstoffe und Gallensäuren nachweisen.

Quantitative Zusammensetzung der Excremente und der Asche derselben.

Quantitative Zusammensetzung.

Quantitative Analysen der Excremente werden natürlich ein sehr verschiedenes Resultat geben, je nach der Art der Nahrung, der Verdauungsthätigkeit des Individuums und der Zeit, welche die Excremente im Darme zugebracht haben. Auch ist nicht zu vergessen, dass von genauer Gewichtsbestimmung der einzelnen Bestandtheile nicht die Rede sein kann, sondern nur davon, wie viel von den verschiedenen Lösungsmitteln aus den Excrementen ausgezogen wird. Wir theilen eine ältere Analyse menschlicher Excremente von Berzelius und eine neuere von Wehsarg mit (letztere Mittel aus mehreren Beobachtungen), ausserdem einige der Excremente von Thieren.

Bestandtheile für	Berzelius.	Wehsarg.	Von Thieren. Rogers.			
100 Theile	Mensch	Mensch	Schwein	Kuh	Schaf	Pferd
Wasser	75·30	73·300	77·13	82·45	56·47	77·25
Feste Stoffe	24·70	26·700	22·87	17·55	43·53	22·75
Gallensaure Salze	0·90	—	—	—	—	—
Schleim u. Gallenharze	14·00	—	—	—	—	—
Albumin	0·90	—	—	—	—	—
Extractivstoffe	5·70	—	—	—	—	—
Wasserauszug	—	5·340	—	—	—	—
Alkoholauszug	—	4·165	—	—	—	—
Aetherauszug	—	3·070	—	—	—	—
Unlösliche Speisereste	7·00	8·300	—	—	—	—
Salze im Allgemeinen	1·20	—	8·50	2·67	5·87	3·04
Phosphorsaure Erden	—	1·095	—	—	—	—

Je häufiger die Stühle erfolgen, um so geringer ist ihr Gehalt an festen Stoffen, um so grösser aber die absolute Menge der innerhalb einer gewissen Zeit ausgeschiedenen festen Stoffe.

Fäces von Säuglingen.

In den Fäces von 2 bis 6 Monate alten Säuglingen, welche sich ausschliesslich von Muttermilch nährten, fand H. Wegscheider Peptone in geringer Menge, Fett und Seifen mit vorwiegend Oelsäure, dann Palmitinsäure und Stearinsäure, Mucin, Bilirubin, bei Diarrhöe Biliverdin und meist auch Urobilin, Cholesterin, Cholsäure, Milchsäure. Spuren von diastatischem und Pankreasferment glaubt Wegscheider nachgewiesen zu haben, Pepsin und invertirendes Ferment dagegen fehlten. Eiweisskörper, Leucin und Tyrosin fanden sich nicht. Die weisslichen, nach Monti aus Caseïn bestehenden Flocken bestehen nach Wegscheider im Wesentlichen aus Fett.

Die Fäces reagirten sauer und waren bei gesunden Säuglingen stets von eigelber bis grüngelber Farbe; stark grüne Färbung zeigte sofort eine Störung im Wohlbefinden des Kindes an. Die saure Reaction derselben scheint von Milchsäure herzurühren.

Aschenanalysen.

Aschenanalysen der Excremente von Menschen wurden von Fleitmann und Porter, von Thieren von Rogers angestellt. Wir stellen sie tabellarisch zusammen.

Bestandtheile für 100 Theile Asche	Menschenexcremente		Thierexcremente			
	Porter.	Fleitmann.	Rogers.			
	I.	II.	Schwein	Kuh	Schaf	Pferd
Chlornatrium . . .	4·33	0·58	0·89	0·23	0·14	0·03
Chlorkalium . . .	—	0·07	—	—	—	—
Kali	6·10	18·49	3·60	2·91	8·32	11·30
Natron	5·07	0·75	3·44	0·98	3·28	1·98
Kalk	26·46	21·36	2·03	5·71	18·15	4·63
Magnesia	10·54	10·67	2·24	11·47	5·45	3·84
Eisenoxyd	2·50	2·09	5·57	5·22	2·10	1·44
Phosphorsäure . .	36·03	30·98	5·39	8·47	9·40	10·22
Schwefelsäure . .	3·13	1·13	0·90	1·77	2·69	1·83
Kohlensäure . . .	5·07	1·05	0·60	—	Spur	—
Kieselerde	—	1·44	13·19	62·54	50·11	62·40
Sand	—	7·39	61·37	—	—	—
Manganoxyduloxyd	—	—	—	—	—	2·13

Der hohe Kieselerdegehalt der Aschen der thierischen Excremente rührt zum Theile von dem Kieselsäurereichthum der zur Nahrung dienenden Gräser und Cerealien, zum Theile aber auch von dem mit dem Futter verschluckten Sande her. Im Verhältniss zum Bittererdegehalte der Nahrung, ist in der Asche der Excremente der pflanzenfressenden Thiere die Magnesia stets erheblich dem Kalk gegenüber vermehrt, wenn auch letzterer an und für sich in grösserer Menge vorhanden ist. In der Asche menschlicher Excremente will Wehsarg nur Spuren von Calciumphosphat gefunden haben und macht nach ihm Magnesiumphosphat den Hauptbestandtheil der Asche aus.

Nach den Beobachtungen von Wehsarg und Ihring erscheinen die phosphorsauren Erden der Excremente nach dem Gebrauche von Bittersalz und bei Diarrhöen vermehrt, ebenso auch das Eisen. Nach dem Gebrauche von Eisenpräparaten soll das Eisen im Koth, aber nicht im Harne nachzuweisen sein (Ihring).

Meconium. Kindspech.

Meconium.

Unter dieser Bezeichnung versteht man den Dickdarminhalt des ausgetragenen Fötus, der nach der Geburt entleert wird. Er stellt eine dunkelbraungrüne, fast schwarze, oft pechartige Masse dar, meist ohne übeln Geruch und von fadem Geschmack. Seine Reaction ist häufig sauer, seltener neutral. Es geht sehr rasch in Fäulniss über. Das Meconium (Dickdarminhalt) von todtgeborenen Kindern wurde von Zweifel am Eingehendsten untersucht. Die mikroskopische Untersuchung ergab Hämatoidinkrystalle neben den bereits nachgewiesenen Formbestandtheilen: grünen Cylinderepithelien, Schleimkörperchen, Cholesterin und Fett; die chemische wies Gallensäuren, darunter Taurocholsäure, Bilirubin, Biliverdin, Cholesterin, nichtflüchtige fette Säuren, flüchtige Fettsäuren und Mucin nach. In den gelben Ausleerungen der Kinder ist Bilirubin nicht mehr nachweisbar. Im Widerspruche mit älteren Beobachtern, welche in der Asche schwefelsaure Salze gänzlich vermissten, fand Zweifel, dass dieselben darin vielmehr sehr vorwiegend vertreten sind, und ganz im Gegensatze zu den Excrementen Erwachsener die Phosphate sehr zurücktreten.

Wasser fand Zweifel 80, Asche 1, Fett 0·772, Cholesterin 0·797 Proc. In der Asche Eisenphosphat 3·41, Schwefelsäure 23·0, Chlor 2·53, Phosphorsäure 5·44, Kalk 5·7, Magnesia 4, Kali 8·6, Natron 41 Proc.

Gerichtlicher Nachweis.

Nachweis des Meconiums in gerichtlichen Fällen. Es kommt zuweilen vor, dass auf chemischem Wege nachgewiesen werden soll, ob auf Wäschestücken befindliche Flecken von Meconium herrühren. Anhaltspunkte für derartige Untersuchungen sind in Nachstehendem enthalten:

Meconiumflecken sind von braungrüner Farbe und lassen sich beim Reiben des Gewebes ziemlich leicht von der Unterlage ablösen. Sie schlagen wegen der zähen Beschaffenheit des Meconiums wenig durch, sind geruchlos und geben auch nach dem Befeuchten mit Wasser keinen bestimmten Geruch zu erkennen. Beim Erwärmen mit verdünnter Schwefelsäure dagegen entwickelt sich ein deutlicher, von dem menschlicher Excremente verschiedener Geruch. — An kaltes Wasser geben die Flecken einen Theil ab. Man erhält eine schleimige, schwer filtrirbare neutral reagirende grüngelbe Flüssigkeit, in der bräunliche Massen suspendirt sind. Die Lösung gerinnt beim Erhitzen nicht und giebt mit Essigsäure eine im Ueberschuss des Fällungsmittels unlösliche Trübung; mit salpetrige Säure haltender Salpetersäure giebt sie die Reaction des Gallenpigments, mit Zucker und Schwefelsäure die Gallenreaction mehr oder minder deutlich, nie aber ganz rein. — Wird der Fleck mit Wasser und dann mit concentrirter Kalilauge aufgeweicht, so erhält man eine trübe braungelbe Lösung, die beim Erwärmen einen deutlichen jenem der Ochsengalle ähnlichen Geruch wahrnehmen lässt. Durch Behandlung der Flecken mit wässerigem Weingeist erhält man eine grünlich-gelbe Lösung, die durch neutrales essigsaures Blei gefällt wird. Im Filtrate des Bleizuckerniederschlags erzeugt Bleiessig abermals einen Niederschlag. — Aether färbt sich beim Digeriren mit den Flecken nicht; der ätherische Auszug hinterlässt nach dem Verdunsten auf einem Uhrglase farbloses Fett.

Darmsteine.

Darmsteine.

Beim Menschen und bei fleischfressenden Thieren sind Darmconcretionen viel weniger häufig als bei Pflanzenfressern. Dieselben sind gewöhnlich rund oder oval und von sehr verschiedener Grösse; ihre Farbe geht von Gelb oder Graugelb in Braungelb über. Im Innern sind sie geschichtet. Ihr Kern ist gewöhnlich ein von aussen hereingekommener fremder Körper: Fruchtkerne, Knochen, Nadeln, Nägel, Kieselstücke, Holzfasern u. dgl. Sie bestehen hauptsächlich aus Ammonium-Magnesiumphosphat, Calciumphosphat, Calciumcarbonat und enthalten ausserdem vorzugsweise Fett. Unter den Thieren sind es vorzugsweise die Pferde, bei denen Darmsteine oft von ungeheurer Grösse sehr häufig vorkommen. Eine Uebersicht ihrer Zusammensetzung giebt nachstehende Tabelle:

Bestandtheile für 100 Theile	Von Menschen				Von Thieren	
	Thomson.	Children.	Robiquet.	Lassaigne.	Pferd. Simon.	Pferd. Wurzer.
Ammonium-Magnesium-phosphat	5	5	30 (zusammen mit Calciumphosphat)	4 (zusammen mit Calciumphosphat)	81·11	79·01
Calciumphosphat . . .	46	46			—	0·02
Lösliche Salze	—	25	—	1	1·50	1·01
Thierische Materie . .	25	4	8	21	1·00	4·43
Fett	—	—	60	74	—	0·08
Holzfaser, Pflanzenreste	24	20	—	—	0·58	—
Sand	—	—	—	—	0·60	—
Wasser	—	—	—	—	15·19	13·59

Bildungsweisen und Arten.

Die vorzugsweise aus thierischer faserstoffähnlicher Materie bestehenden Darmconcretionen, wie solche von Dublanc und J. Davy analysirt wurden, verdanken ihre Entstehung einem Faserstoffexsudat oder Blutcoagulum, welches im Darme zurückgehalten wird und weitere Metamorphosen erleidet, die darin bestehen, dass die in den Darmflüssigkeiten löslichen Theile desselben allmählich aufgelöst werden, die unlöslichen Theile dagegen, namentlich die Kalksalze und geronnenen Eiweisskörper zurückbleiben. Solche Darmsteine bestehen demnach vorzugsweise aus geronnenen Albuminstoffen, mit mehr oder weniger Kalksalzen und Speiseresten; sie bilden sich nach exsudativen Entzündungen der Darmschleimhaut und nach Blutungen im Darmcanal.

Eine zweite Art der Darmsteine besteht vorzugsweise aus Erdsalzen. Sie enthalten häufig einen fremden Körper als Kern; sie entstehen dadurch, dass die in dem Darminhalte aufgelösten Erdsalze aus irgend einem Grunde unlöslich werden und niederfallen. Werden diese Niederschläge nicht mit den Excrementen ausgeleert, und werden sie durch Darmschleim zusammengeklebt oder legen sie sich um einen fremden Körper an, so entstehen Concretionen.

Dunkler sind die Entstehungsweisen der, vorzugsweise aus unverdauten Speiseresten, Pflanzenzellen u. dgl. und der aus Fetten bestehenden Concretionen. Erstere bilden sich wahrscheinlich unter Mitwirkung eines schleimigen Bindemittels, während es bei letzteren vorläufig unentschieden bleiben muss, ob die fettigen Bestandtheile derselben unmittelbar von der Nahrung stammen, oder ob sie von den Secreten des Darmcanals und seiner Adnexen herrühren.

Auch harnsaure Salze hat man in Darmconcrementen gefunden, allein es muss bei der inneren Unwahrscheinlichkeit dieses Befundes

dahingestellt bleiben, ob in diesen Fällen, bezüglich der Abstammung der betreffenden Concretionen, nicht Irrthum oder Verwechslung obwaltete. Concretionen von zusammengefilzten Haaren sind bei Kühen und Ziegen nicht selten. Es gehören in diese Classe die sogenannten Aegagropilae, aus dem Darmcanal der Gemse (*Antilope rupicapra*) und wohl auch anderer Wiederkäuer stammend.

XII. Chemie der Hautdrüsensecrete.

Literatur: Anselmino: Zeitschr. v. Tiedemann und Treviranus. Bd. II. — Schottin: Zeitschr. f. phys. Heilk. Bd. XI, 73; dann: De sudore. Dissert. Lipsiae 1851. — Favre: Compt. rend. XXXV, 721; Arch. gén. de méd. Juillet 1853. — Gillibert d'Hércourt: Gaz. méd. de Lyon. Mai 1853; Rev. méd. 1853, Juin et Sept. — O. Funke: Moleschott's Unters. IV, 36. — C. H. F. Fiedler: Dissert. Lips. 1854. — Landerer: Heller's Arch. 1847. S. 195. — Hamernjk: Zeitschr. d. Wiener Aerzte. 1854. XII, 3. 4. — Drasche: Ebenda. — H. Meissner: De sud. secret. Dissert. Lipsiae 1859. — J. Ranke: Arch. f. Anat. u. Phys. 1862. S. 311. — L. Meyer: Studien des physiol. Instituts zu Breslau. 2. Heft. 1863. S. 168. — Cantu: Bullet. des scienc. méd. 1825. Oct. p. 164. — Bérgeron et Lemattre: Arch. gén. de méd. IV. 1864. p. 173. — Schwarzenbach: Schweiz. Zeitschrift f. Heilk. II, 395. — Le Roy de Méricourt: Mémoire sur la chromhidrose ou chromocrinie cutanée, suivi de l'étude microscopique et chimique de la substance colorante de la chromhidrose par le Dr. Robin et d'une note sur le même sujet par le Dr. Ordonez. Paris 1864. (Auszug in: Journal de l'anat. et de physiol. I, p. 299). — Coppée: Gaz. hebdomadaire. 1864. p. 17. — Lehmann: Zoochemie. S. 294. — W. Leube: Arch. f. path. Anat. XLVIII, 181. — Derselbe: Arch. f. path. Anat. L, 301. — Derselbe: Arch. f. klin. Medicin VII, 1. — Kaup u. Jürgensen: Arch. f. klin. Med. VI, 55. — G. Deininger: Arch. f. klin. Med. VII, 587. — Dewar u. Gamgee: Journ. of Anat. and Physiol. V, 142. — Bizio: Wien. akad. Sitzungsber. 1860. XXXIX, 33. — Collmann: Würzb. med. Zeitschr. VII, 251. — Alfr. Vogel: Arch. f. klin. Med. V, 522. — Pétrequin: Compt. rend. 1869. I, 940; II, 987. — A. W. Foot: Dublin quarterly journ. of med. science 1869. Aug. p. 68. — Moriggia: Moleschott's Unters. z. Naturl. 1873. IX, 129. — K. B. Hofmann: Wien. med. Wochenschr. 1873. S. 292. — Adamkiewicz: Verhandl. d. physiol. Gesellsch. zu Berlin. Nr. 24. 28. Juli 1877.

Schweiss.

Schweiss.

Das tropfbarflüssige Secret der Schweissdrüsen im vollkommen reinen Zustande ist chemisch noch nicht untersucht, denn so wie man es bisher erhielt, war es immer ein Gemenge von eigentlichem Secret und mehr oder weniger Hautsalbe und Epidermisschuppen.

Dasjenige Verfahren, welches noch das verhältnissmässig reinste Secret liefert, besteht darin, einen nackten Menschen im Dampfbade auf eine metallene Wanne zu legen und das abfliessende Secret aufzusammeln. Dem Versuche selbst soll eine vorsichtige Reinigung der Haut vorhergehen.

Physikalische Charaktere.

Physikalische Charaktere. Der Schweiss ist eine farblose, mehr oder weniger klare Flüssigkeit von eigenthümlichem, an den verschiedenen Hautstellen verschiedenem Geruch und deutlich salzigem Geschmack. Ihm eigenthümliche Formelemente enthält er nicht, wohl aber Epithelien und Epidermisschuppen.

Seine Reaction ist meist sauer, doch nimmt er bei längerem Stehen an der Luft alkalische Reaction an. Es scheint die Reaction auch von der Absonderungsdauer abhängig zu sein. Gillibert und Favre haben übereinstimmend gefunden, dass bei andauernder Schweisssecretion der erst gewonnene Schweiss sauer reagirte, während die letzten Partien neutrale oder alkalische Reaction zeigten. Nach von Moriggia an sich selbst, wie an Thieren angestellten Versuchen wäre die Reaction des Schweisses von der Art der Ernährung der Thiere abhängig. Den Schweiss bei pflanzenfressenden Thieren fand er gewöhnlich alkalisch, jenen der Carnivoren dagegen meist sauer.

Chemische Bestandtheile des Schweisses.

Chemische Bestandtheile.

Die bisher nachgewiesenen constanten chemischen Bestandtheile des Schweisses sind:

Wasser, — Fette, — flüchtige Fettsäuren: Ameisensäure und Essigsäure, Buttersäure und wohl auch Propionsäure, beide letzteren aber wie es scheint nicht constant (L. Meyer), — Harnstoff, — anorganische Salze, worunter überwiegend Chlornatrium und Chlorkalium, dann aber auch phosphorsaure Alkalien, schwefelsaure Alkalien, phosphorsaure Erden und Eisenoxyd, demnach die Blutsalze.

Als nicht constante oder problematische Schweissbestandtheile betrachten wir:

Albumin. Nach den Beobachtungen von Leube bei starkem, durch Einwickeln in wollene Decken nach einem sehr warmen Bade erzwungenem Schwitzen im Schweisse nachzuweisen, jedoch in sehr ungleicher, immer aber geringer Menge. Leube selbst lässt es unentschieden, ob dieses Vorkommen als ein constantes zu betrachten ist, und vergleicht es bei der gleichzeitig stattfindenden starken Hauthyperämie mit der Albuminurie bei Stauungen in der Niere.

Ammoniumsalze — zwar von allen Beobachtern im Schweisse nachgewiesen, sich aber, wie es scheint, erst bei Einwirkung der Luft auf den Schweiss bildend; — die Schweisssäure, „Acide hydrotique“ Favre's, eine stickstoffhaltige nicht näher studirte Säure; — Indigo (im blauen Schweisse) und andere eigenthümliche, unter abnormen Verhältnissen auftretende verschieden gefärbte Pigmente, die übrigens chemisch noch so gut wie unbekannt sind, — endlich milchsaure Salze.

In Krankheiten will man im Schweisse aufgefunden haben:

Harnsäure (Wolf, Hamernjk), — Traubenzucker (bei Diabetes wiederholt gefunden), — Albumin, — Gallenfarbstoffe.

Von aussen eingeführt, erscheinen im Schweisse wieder:

Benzoësäure (nach H. Meissner zum Theil in Hippursäure verwandelt, was aber G. Meissner u. Shepard nicht bestätigen konnten), Bernsteinsäure, Weinsäure, Zimmtsäure (?). In dem während heisser Dampfbäder abgesonderten Schweisse von Personen, welche arsenigsaures Kalium gebrauchten, fanden Bérgeron und Lemattre arsenige Säure, nach dem Gebrauch von arsensaurem Kalium, Arsensäure. Beim Gebrauch von arsensaurem Eisenoxyd erschien die Arsensäure an Alkali gebunden im Schweisse, das Eisen aber nicht, wohl aber letzteres im Harne. Nach Einnahme von Qnecksilberjodid erschien das Quecksilber als Chlorid im Schweisse, das Jod fand sich im Speichel und im Harne, in letzterem neben Spuren von Quecksilber. Beim Gebrauche von Jodkalium erschien das Jod nicht im Schweisse, womit ältere Beobachtungen von Cantu im Widerspruch stehen. Wöhler beobachtete während seiner Untersuchungen über das Telluräthyl, dass sein Schweiss den Telluräthylgeruch angenommen hatte.

Ueber das allgemeine chemische Verhalten des Schweisses ist nichts Zuverlässiges bekannt. Als Schottin den Rückstand des Schweisses mit Alkohol auszog und diese Lösung zur Trockne verdampfte, entstand eine hell rosenrothe Masse, die mit Oxalsäure versetzt, hellgrün wurde; der Rückstand des Aetherauszuges war ebenfalls grün und wurde beim Erwärmen rosenroth.

Quantitative Zusammensetzung des Schweisses.

Quantitative Zusammensetzung.

Quantitative Analysen des Schweisses wurden von Anselmino, Schottin, O. Funke und Favre angestellt. Dieselben sind aber ziemlich unvollkommen und unter sich nicht wohl vergleichbar. Wir stellen sie tabellarisch zusammen.

Bestandtheile für 100 Theile	Anselmino.		Favre.	Schottin.	Funke.
	I.	II.			
Wasser	99·500	98·750	99·5573	97·740	98·844
Feste Stoffe	0·500	1·250	0·4427	2·260	0·116
Epithelien	0·010	0·025	—	0·420	0·249
Fette	—	—	0·0013	—	—
Milchsaure Salze	—	—	0·0317	—	—
Schweisssaure Salze . .	—	—	0·1562	—	—
Extractivstoffe	0·145	0·362	0·0005	1·130	—
Harnstoff	—	—	0·0044	—	0·155
Chlornatrium	0·240 (Chlornatrium + Chlorkalium)	0·600 (Chlornatrium + Chlorkalium)	0·2230	0·360	—
Chlorkalium			0·0024	—	—
Phosphorsaures Natrium	—	—	Spur	0·131 (Phosphorsaures Natrium + Schwefelsaure Alkalien)	—
Schwefelsaure Alkalien .	0·105	0·262	0·0011		
Phosphorsaure Erden . .	—	—	Spur	0·039	—
Salze im Allgemeinen . .	—	—	—	0·710	0·436

Zu dieser Tabelle ist Folgendes zu bemerken: Unter der Rubrik Extractivstoffe habe ich in den Analysen von Anselmino, die für Alkoholextract, essigsaure, milchsaure Salze und freie Essigsäure berechneten Mengen zusammengefasst, in der Analyse von Favre, eine von ihm, ohne genügende Gründe, als Kalialbuminat bezeichnete Substanz unter dieselbe Rubrik gestellt. In der Analyse von Schottin sind die 1·130 Extractivstoffe als organische Stoffe von ihm bezeichnet, welche bei 100° C. nicht flüchtig sind; endlich habe ich die von ihm für Chlor, Kalium, Natrium, Schwefelsäure und Phosphorsäure gefundenen Zahlen in der Art umgerechnet, dass ich das Chlor an Natrium band und das übrige Natrium und das Kalium als phosphorsaure und schwefelsaure Alkalien aufführte.

Das übereinstimmende Resultat dieser Analysen ist, dass der Schweiss zu den wasserreichsten Secreten gehört, sowie dass ein bedeutender Theil der vorhandenen Bestandtheile aus Chloralkalien, namentlich aus Chlornatrium besteht.

Schwankungen in der Zusammensetzung des Schweisses unter physiologischen Verhältnissen.

Schwankungen in der Zusammensetzung.

Die Zusammensetzung des Schweisses scheint nach den vorhandenen allerdings spärlichen Beobachtungen bis zu einem gewissen Grade abhängig zu sein:

a. von der Absonderungsgeschwindigkeit; b. von der Absonderungsdauer; c. von der schweisssecernirenden Fläche; d. von der Menge des genossenen Getränkes; e. von der Nahrung: f. endlich auch wohl von der Individualität.

Nach den Versuchen von Funke würde mit der steigenden Schweissmenge bis zu einer gewissen Grenze die Menge der organischen Stoffe ab-, die der anorganischen Stoffe aber zunehmen; die durch den Schweiss ausgeschiedenen Harnstoffmengen dagegen steigen mit der ausgeschiedenen Wassermenge, aber keineswegs proportional und auch nur bis zu einer gewissen Grenze; über diese hinaus, bei anhaltendem Schwitzen, vermindert sich die Menge des Harnstoffs bedeutend, und scheint dann die Zusammensetzung des Schweisses eine weitere Veränderung nicht zu erfahren (C. Ludwig, Favre).

Bezüglich des Einflusses der Absonderungsdauer ist ermittelt, dass die ersten Partien secernirten Schweisses freie Säure enthalten, die bei den späteren Partien meist fehlt, auch sollen die ersten Partien mehr Salze der flüchtigen Fettsäuren und weniger anorganische Salze enthalten (Gillibert, Favre).

Auf eine Veränderung der Zusammensetzung des Schweisses mit der secernirenden Hautfläche deutet der eigenthümliche Geruch des Schweisses gewisser Körpertheile hin. Auch scheinen die Salze in verschiedener Menge vorhanden zu sein. Im Fussschweisse eines Individuums fand Funke 1·37 Proc. Rückstand mit 0·4 Proc. Asche; der Armschweiss von gleichem Gehalt an festen Stoffen gab nur 0·24 Proc. Asche. Auf 100 Thle. Natrium der Asche kamen in den Versuchen von Schottin 39 Kalium im Armschweisse und 57 Kalium im Fussschweisse.

Nach den Versuchen von H. Meissner endlich hat auf die Menge der Chlormetalle und des Harnstoffs im Schweisse die Art der Nahrung einen bestimmten Einfluss. Vegetabilische Nahrung setzt namentlich den Harnstoffgehalt herab.

Ebenso constatirte Leube durch eine Reihe umsichtig angestellter Versuche, dass, entsprechend dem durch ärztliche Erfahrung längst constatirten Antagonismus zwischen Harn- und Schweisssecretion, starke Schweisssecretion eine Verminderung der Harnstoffausscheidung durch den Harn zur Folge habe, sowie dass diese Verminderung unabhängig von der verminderten Wasserausscheidung durch die Nieren erfolge.

Schweiss in Krankheiten.

Ueber die Beschaffenheit des Schweisses in Krankheiten sind nur wenige und sehr unbestimmte Angaben vorhanden. Mit Sicherheit constatirt ist die ausserordentliche Vermehrung des Harnstoffs bei Nierenleiden und bei der Cholera. Der Harnstoffgehalt des Schweisses, und namentlich des Gesichtsschweisses, ist bei diesen Krankheiten, besonders kurz vor dem tödtlichen Ausgange, so sehr vermehrt, dass sich nach dem Verdunsten des Wassers der Harnstoff auf der Haut in Krystallen ausscheidet und einen glänzenden, dünnen, schleierartigen Haut-

überzug bildet. Der Harnstoffbeschlag findet vorzugsweise an den Mündungen der Schweissdrüsen statt (Schottin, Landerer, Hamernjk, Drasche, Kaup, Jürgensen, Leube und Deininger). In dem Falle von Deininger, welcher einen Knaben mit Nephritis nach Scharlach betraf, fand acht Tage lang keine Harnentleerung statt, und es erschien die Harnstoffausscheidung auf der Haut zwei Tage vor der wiederkehrenden Harnentleerung zugleich mit urinösem Geruch der Perspiration. Der Fall endigte mit Genesung.

Im Schweisse Steinkranker soll Harnsäure, in jenem der Diabetiker Zucker nachzuweisen sein; in jenem von Kranken, welche Cystin durch den Harn ausscheiden, Cystin vorkommen (Dewar u. Gamgee).

In trübem, sogenanntem kritischem Schweisse bei acutem Rheumatismus, will Anselmino Albumin gefunden haben.

Ueber den Gehalt des Schweisses an Gallenpigment und anderen Farbstoffen, sind ebenfalls wenig beweisende Angaben vorhanden. Man hat blutige, rothe, blaue Schweisse beobachtet, ohne dass aber einigermaassen brauchbare Untersuchungen über die färbenden Stoffe in diesen Fällen vorlägen. Schwarzenbach extrahirte aus dem blauen Schweisse eines an traumatischem Tetanus Leidenden einen Stoff, dessen smaragdgrüne Lösung durch Säuren roth, durch Alkalien wieder grün gefärbt wurde. Aus dem gelbgrünen Rückstande derselben nahm Aether kein Pigment auf.

Fälle von auf einzelne Hautpartien beschränktem, schwarzem oder tiefblauem Schweisse (Cyanhydrose) haben le Roy de Méricourt, Coppée, Robin, Ordonez, Bizio, Foot und Collmann gesammelt und beschrieben. In einem Falle von Bizio war Indigo das Färbende, ebenso in einem von K. B. Hofmann beobachteten, in einem von Collmann beobachteten phosphorsaures Eisenoxydul, in den übrigen blieb die Natur des Pigmentes unaufgeklärt.

Schweissbereitung.

Auch über die Schweissbereitung hat die Physiologie bisher keinen Aufschluss gebracht. Da alle bisher im Schweisse gefundenen Stoffe auch Bestandtheile des Blutes sind, so könnte sich die Rolle der Schweissdrüsen bei der Schweissbereitung wohl darauf beschränken, gewisse Blutbestandtheile anzuziehen, anderen aber den Uebertritt zu versagen; denn dass der Schweiss kein einfaches Transsudat ist, geht aus seiner Zusammensetzung und namentlich dem Mangel an Eiweisskörpern zur Genüge hervor.

Physiologische Bedeutung.

Physiologische Bedeutung. Dieselbe ist zum Theil unbestritten die eines Excretes und neuere Untersuchungen haben ergeben, dass die auf dem Wege der Hautsecretion und Hautabschuppung den Körper verlassenden Stoffmengen keineswegs so unbedeutend sind, als man früher annahm. Als eine andere wichtige Function der Hautausscheidung betrachten wir die, die Temperatur des thierischen Körpers zu reguliren.

Secret der Talgdrüsen.

Secret der Talgdrüsen.

Wir zählen hierher die sogenannte Hautsalbe, das Secret der Meibom'schen Drüsen, das Ohrenschmalz, die Smegma praeputii und die Vernix caseosa.

Alle diese Secrete sind chemisch nur sehr unvollkommen studirt und charakterisirt. Alle sind reich an Fett.

Hauttalg.

Der Hauttalg (Hautschmiere, Hautsalbe, Sebum cutaneum) bildet frisch abgesondert eine ölige halbflüssige Masse, welche indessen auf der Hautoberfläche, oder schon in den Ausführungsgängen der Drüsen zu einem weissen schmierigen Talg erstarrt. Unter dem Mikroskope beobachtet man fetthaltige Zellen, freies Fett vermengt mit Epidermisblättchen und zuweilen auch wohl Cholesterinkrystalle.

Die Bestandtheile der Hautsalbe sind ausser Wasser, ein eigenthümlicher caseïnähnlicher Eiweisskörper, Fette, bestehend aus Palmitin und Oleïn, Palmitinsäure- und Oelsäure-Seifen, Cholesterin und anorganische Salze, worunter vorwiegend phosphorsaure Erden, aber auch Chloralkalien und phosphorsaure Alkalien. Der als Bestandtheil angegebene Salmiak bedürfte weiterer Bestätigung; ebenso Natrium-Ammoniumphosphat.

In dem Inhalte eines sehr erweiterten Haarbalges, welcher zwar nicht als ganz reiner Hauttalg anzusehen, aber doch mit grösserem Rechte als solcher zu bezeichnen war, als das, was bisher für solchen gelten musste, fand C. Schmidt nach Alfred Vogel's Mittheilungen in 100 Thln.

Wasser	31·70
Fettsäuren (Butter-, Valerian- und Capronsäure)	1·21
Palmitin und Spuren von Cholesterin	4·16
Epithelien und Albumin . . .	61·75
Anorganische Salze	1·18

Das Secret der Talgdrüsen der Haarbälge auch von Thieren scheint von ähnlicher Zusammensetzung zu sein.

Nach längerem Gebrauche von Jodkalium wird nach den Beobachtungen von Adamkiewicz Jod durch die Talgdrüsen der Haut ausgeschieden.

Vernix caseosa.

Unter der Bezeichnung Vernix caseosa versteht man eine eigenthümliche fett- oder salbenartige Materie, welche die Haut des noch im Mutterleibe befindlichen Fötus überzieht. Auch dieses Secret scheint chemisch mit der Hautsalbe übereinzustimmen. Es enthält namentlich einen Eiweisskörper und viel Cholesterin.

Präputialsecret.

Bezüglich des Smegma praeputii fragt es sich, inwieferne dasselbe von den Talgdrüsen stammt. Jedenfalls ist demselben stets ein beträchtlicher Theil von Epidermiszellen der Eichel und Vorhaut beige-

mengt. Dasselbe gilt vom Castoreum: dem Secrete des sehr entwickelten präputii penis et clitoridis des Bibers.

Das Präputialsecret soll eine Ammoniakseife enthalten; in jenem der Pferde wurde Hippursäure und Benzoësäure nachgewiesen. Im Castoreum ausser Albuminstoffen und Fetten Castorin, harzartige Materie und eine Spur Phenol.

Das Secret der Meibom'schen Drüsen ist nicht untersucht, wird aber chemisch wohl mit den obigen Secreten übereinstimmen.

Ohrenschmalz.

Das Ohrenschmalz ist ein Gemisch des Secretes der Talg- und der Schweissdrüsen des knorpligen Theiles des äusseren Gehörganges. Unter dem Mikroskope zeigt es Talgzellen, freies Fett, Cholesterinkrystalle, Epithelialzellen, dann eigenthümliche ovale eckige oder rundliche Zellen von $^1/_{200}$ bis $^1/_{140}'''$ Durchmesser.

Die chemischen Bestandtheile des Ohrenschmalzes sind ein Eiweisskörper, Oleïn und Margarin, ein in Wasser löslicher gelber bitterschmeckender Körper und anorganische Salze. Seine Consistenz ist nach Pétrequin von einem Gehalt an Kaliumseifen abhängig.

XIII. Chemie des Harns.

Literatur: Dieselbe ist so ausserordentlich umfangreich, dass es am Geeignetsten erscheint, auf jene allgemeine Werke, Jahresberichte und Repertorien einfach zu verweisen, in welchen vollständige Literaturangaben enthalten sind. Hier sind vor Allem zu nennen: Lehmann: Zoochemie. Heidelberg 1858, die Jahresberichte über Anat. u. Physiol. von Henle und Meissner, mit den Fortsetzungen derselben von Hofmann u. Schwalbe (seit 1872), die Jahresber. über physiol. u. pathol. Chemie von Scherer und von Hoppe-Seyler, den Jahresbericht über die Fortschritte der Thierchemie von R. Maly, die resumirenden Artikel über Harn in Schmidt's Jahrb. für die gesammte Medicin, das Centralbl. für die med. Wissenschaften, und Fresenius, Zeitschr. f. analyt. Chemie. — Bezüglich der rein physiologischen Verhältnisse und der Theorien der Harnsecretion, die neueren Lehrbücher der Physiologie, sowie die oben aufgeführten Berichte von Henle, Meissner, Hofmann und Schwalbe. Die untenstehenden Angaben beziehen sich nur auf die für die 3. und die vorliegende 4. Auflage benutzte Literatur.

Harnbestandtheile. Sertoli: Istituto phisiol. di Pavia 11. Giugno 1869. — Löbisch: Wien. akad. Sitzungsber. LXIII, März. — Schunck: Proceed of the r. soc. XV, 259. — Naunyn: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868. — Fudakowski: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1869. S. 129. — Leared: Proceed. of the r. soc. XVIII, 16. — Rabuteau: Gaz. méd. 1868. p. 592. — K. B. Hofmann: Arch. f. path. Anat. XLVIII, 1. — Hoppe-Seyler: Arch. f. Physiol. V, 470. — Hegar u. Kaltenbach: Arch. f. path. Anat. XLIX, 437. — Edlefsen: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1870. S. 367. — Almén: Zeitschr. f. analyt. Chem. 1871. S. 125. — Goltz: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. Nr. 45. — Senff: Ueber den Diabetes nach Kohlenoxydathmung. Dissert. Dorpat. 1869. — Lang: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. S. 83. — Marowski: Deutsch. Arch. f. klin. Med. IV, 449. — Leared u. Dyce Duckworth: Med. times and gaz. 1867. March. p. 219. — Neubauer: Zeitschr. f. analyt. Chem. 1868. S. 230. —

C. Voit: Münch. akad. Sitzungsber. 1867. I, 279. — Seligsohn: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1873. Nr. 22. — Schunck: a. a. O. — Murchison: Philos. transact. XIX, 278. — Beale: Urine, urinary deposits and calculs 3. edit. 1869. — Roberts: A practical treatise on urinary and renal diseases 2. edit. 1872. p. 124. — F. Betz: Memorabilien 1874. XIX, 66. — Schmiedeberg: Arch. d. Heilkunde VIII, 422. — G. Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. XXXI, 322. — Salkowski: Arch. f. Physiol. IV, 95. — G. Meissner: a. a. O. S. 283. — Hoppe-Seyler: Handb. d. phys. u. path. chem. Anal. 4. Aufl. 1875. S. 297. — Dähnhardt: Notizen zur Chemie des Harns. Arb. a. d. Kieler physiol. Institut S. 157. — Popp: Ann. d. Chem. u. Pharm. CLV, 351. — Derselbe: Zeitschr. f. Chem. 1871. S. 319. — Härter: Med. chem. Untersuch. v. Hoppe-Seyler IV, 582. — Karmrodt: Landwirthsch. Versuchsstat. 1869. S. 359. — Jaffé: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1872. S. 481, 497. — Pflüger: Arch. f. Physiol. II, 156. — Höne: Ueber die Anwesenheit der Gallensäuren im physiol. Urin. Dissert. Dorpat 1873, auch Centralbl. f. d. med. Wiss. 1874. S. 872. — R. Niggeler: Arch. f. exp. Pathol. III, 1874. S. 71. — Baumstark: Arch. f. Physiol. IX, 568. — Jaffé: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VII, 1669. — Ebstein und Müller: Arch. f. path. Anat. LXII, 554. — Fürbringer: Berl. klin. Wochenschr. 1874. Nr. 24. S. 28. — H. Haas: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. S. 149. — Külz: Ebenda 1876. S. 550. — J. Munk: Arch. f. Physiol. XII, 142. — v. Krusenstern: Arch. f. pathol. Anat. LXV, 410. — E. Baumann: Arch. f. Physiol. XIII, 285. — Pavy: Guy's hospit. reports 1876. p. 413. — D. Pecile: Ann. d. Chem. u. Pharm. CLXXXIII, 141. — J. Munk: Verhandl. der physiol. Gesellsch. z. Berlin. Nr. 9. 11. Nov. 1876. — Gscheidlen: Arch. f. Physiol. XIV, 401. — Strümpell: Arch. d. Heilk. 1876. S. 390. — Beneke: Arch. f. path. Anat. LXVI, 126. — Feder: Zeitschr. f. Biol. XII, 256. — E. Salkowski: Zeitschr. f. physiol. Chemie I, 1. — Leube: Eiweiss im Harne Gesunder. Sitzungsber. der phys. med. Soc. z. Erlangen. 9. Juli 1877.

Allgemeines chemisches Verhalten des Harns u. Harnsedimente.

C. Voit: Münch. akad. Sitzungsber. 1867. I, 279. — Huppert: Arch. d. Heilk. VIII, 354. — Donath: Wien. akad. Sitzungsber. LXIX, Januar 1874. — Leared and Dyce Duckworth: Med. times and gaz. 1867. March. 219. — Neubauer: Zeitschr. f. anal. Chem. 1868. S. 230. — Seligsohn: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1873. Nr. 22. — Beale: Urine, urinary deposits and calculs. 2. edit. 1869. — Roberts: A practical treatise on urinary and renal diseases. 2. edit. 1872. p. 124. — Byasson: Journ. de l'anat. et de physiol. 1872. VIII, 383. — Gäthgens: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1872. S. 833. — J. Reoch: The Lancet. 1874. Nr. 16. — Quincke: Correspondenzbl. schweiz. Aerzte 1874. Nr. 1. — Pasteur: Gaz. méd. 1874. Nr. 4. — Hiller: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1874. S. 832 u. 849. — Musculus: Gaz. méd. 1874. Nr. 4. — C. Stein: Ueber alkalischen Harn, bedingt durch Ueberschuss von freiem Alkali. Dissert. Göttingen 1876. — Musculus: Arch. f. Physiol. XII, 214. — R. Maly: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. IX, 164. — B. Tollens: Ann. d. Chem. u. Pharm. CLXXXVII, 79. E. Salkowski u. J. Munk: Arch. f. path. Anat. LXXI, (1877). Extraabdruck.

Quantitat. Verhältnisse, Ausscheidungsgrössen der Harnbestandtheile. K. B. Hofmann: Arch. f. path. Anat. XLVIII, 1. — Thudichum: Journ. of the chem. soc. (Extraabdruck). — Riesell: Med. chem. Untersuch. v. Hoppe-Seyler III, 319. — Engelmann: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1871, S. 14. — Salkowski: Arch. f. path. Anat. LIII, 209. — Koppe: Petersburg. med. Zeitschr. 1868. S. 75. — Schultzen: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868.

S. 719. — Dohrn: Monatschr. f. Geburtsk. XXIX, 1867. S. 105. — Weigelin: Versuche über den Einfluss der Tageszeiten und der Muskelanstrengung auf die Harnstoffausscheidung. Dissert. Tübingen 1869. — F. Schenk: Arch. f. experim. Pathol. II, 1874. S. 21. — F. A. Falck: Welches Gesetz beherrscht die Harnstoffausscheidung etc.? Habilitationsschr. Marburg 1874. — Rabuteau: Gaz. méd. 1871. p. 22. — Derselbe: Compt. rend. 1870. II, 732. — Derselbe: Ebenda p. 231. — Rabuteau et Constant: Ebenda p. 231. — Gazeau: Ebenda II, 1870. p. 799. — A. Sanson: Ebenda p. 902. — Parkes: British med. journ. 1871. I, p. 275. 304. 334. — Derselbe: Proceed. of the r. soc. 1871. XIX, 349. — Noyes: Americ. journ. of the med. sienc. October 1867. — Haughton: Med. times and gaz. 1867. Sept. p. 269. — Böck: Zeitschr. f. Biol. VII, 418. — J. Bauer: Ebenda VII, 63. — Paton: Journ. of anat. and physiol. V, p. 285. — G. Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. XXXI, S. 283. — Voit: Zeitschr. f. Biol. IX, S. 104. — Klüpfel: Med. chem. Unters. v. Hoppe-Seyler. III, S. 412. — Sawicki: Arch. f. Physiol. V, S. 285. — Rabuteau: Gaz. hebdom. 1870. Nr. 8. — Gäthgens: Med. chem. Unters. v. Hoppe-Seyler. III, S. 301. — Naunyn u. Riess: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1869. S. 381. — Gäthgens: Med. Centralbl. 1872. S. 833. — J. Kurtz: Ueber Entziehung von Alkalien aus dem Thierkörper. Dissert. Dorpat. 1874. — Rabuteau: Compt. rend. 1873. LXXVII, p. 489. — Ruge u. Biedermann: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875. S. 387. — Caulet: Bullet. de Thérapeutique LXXXVIII, p. 349. 399. — Martin u. Ruge: Ueber das Verhalten von Harn und Nieren der Neugeborenen. Stuttgart 1875. — J. Parrot et A. Robin: Arch. général. 1876. p. 129. 309. — Zülzer: Arch. f. path. Anat. LXVI, S. 223. 282. — L. Kleinwächter: Arch. f. Gynäkol. IX, 370. — G. Schleich: Arch. f. experim. Pathol. IV, 82. — A. Kossel: Arch. f. experim. Pathol. V, 128. — R. van der Velden: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. S. 866. — M. Regensburger: Zeitschr. f. Biol. XII, 479. — P. Fürbringer: Deutsch. Arch. f. klin. Med. XVIII, 143. — C. Voit: Münch. Sitzungsber. 1876. II. — Strübing: Arch. f. experim. Pathol. VI, 266. — E. Leviclansky: Ueber die Ausscheidung der Chloride im Harn und den Einfluss des trichlorbuttersauren Natrons auf dieselbe. Dissert. Berlin 1876. — A. Dehn: Arch. f. Physiol. XIII, 353. — P. Roche: Contribution à l'étude du mouvement de desassimilation chez le vieillard. Thèse. Paris 1876. — F. W. Pavy: The Lancet. 1876. I, Nr. 9 bis 13. — Austin Flint jun.: Humphry's journal of anat. and physiol. XI, 109. — C. Ph. Falck und F. A. Falck: Beiträge zur Physiologie. 1875. Stuttgart. I, S. 185. — F. A. Falck: Ebenda und Sitzungsber. der Marb. Gesellsch. zur Beförd. der ger. Naturwiss. 10. Aug. 1875. — Bauer: Zeitschr. f. Biol. VII, 77. — Fränkel: Arch. f. path. Anat. LXVII, 273. — Gäthgens: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. S. 321. 833.

Zusammensetzungsänderungen des Harns unter dem Einflusse von aussen dem Organismus zugeführter heterogener Stoffe. Schultzen u. Gräbe: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1867. S. 166. — Schultzen u. Naunyn: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1867. S. 349. — Nencki: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1870. S. 399. — Derselbe: Arch. f. experim. Pathol. I, 1873. S. 421. — Rabuteau: Gaz. hébdomad. 1870. Nr. 8. — Ziegler u. Nencki: Ber. d. deutsch. chem. Ges. V, (1872) S. 749. — Jüdell: Med. chem. Unters. v. Hoppe-Seyler. III, S. 422. — Lieben: Ann. d. Chem. u. Pharm. Suppl. VII, 236. — Rabuteau: Gaz. méd. 1869. Nr. 13. — Derselbe: Ebenda Nr. 18. 22. 31. — Salkowski: Arch. f. Physiol. IV, 91. — Melsens: Compt. rend. 1871. p. 296. — Schultzen u. Nencki: Ber. d. deutsch. chem. Ges. II, 566. —

Schultzen: Ebenda V, S. 578. — Salkowski: Ebenda S. 637. — Derselbe: Arch. f. Physiol. V, 351. — Almén: N. Jahrb. d. Pharm. XXXIV, 3. — Shepard: Zeitschr. f. rat. Med. XXXI, 216. — Hilger: Sitzungsber. d. phys. med. Soc. zu Erlangen. V, 106. — Rabuteau et Massul: Compt. rend. LXXIV, 57. — R. Maly: Wien. akad. Sitzungsber. LXV, (2), 39. — Byasson: Compt. rend. 1874. LXXVIII, 649. — J. Kurtz: Ueber Entziehung von Alkalien aus dem Thierkörper. Dissert. Dorpat. 1874. — S. Johnson: The Lancet. 1873. II, Nr. 23. — Caulet: Bullet. de thérap. LXXXVIII, 349. 399. — Munk: Arch. f. Physiol. XII, 142. — E. Baumann: Arch. f. Physiol. XIII, 285. — Salkowski: Ber. d. deutsch. chem. Ges. IX, 719. — W. Bredschneider: Beiträge zur Kenntniss der Vorstufen des Harnstoffs etc. Dissert. Königsberg 1876. — M. Regensburger: Zeitschr. f. Biol. XII, 479. — C. Voit: Münch. akad. Sitzungsber. 1876. II, 131. — Leviclansky: Ueber die Ausscheidung der Chloride im Harne und den Einfluss des trichlorbuttersauren Natrons auf dieselbe. Dissert. Berlin 1876. — v. Longo: Zeitschr. f. physiol. Chem. I, 213. — Baumann u. Herter: Ebenda S. 244. — Binz: Arch. f. exp. Path. VI, 287. — C. Ph. Falck: Deutsche Zeitschr. f. pract. Med. 1877. Nr. 23.

Pathologische Verhältnisse. Hegar u. Kaltenbach: Arch. f. path. Anat. XLIX, 437. — Edlefsen: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1870. S. 367. — Gerhardt: Wien. med. Presse 1871. Nr. 1. — Almén: Zeitschr. f. anal. Chem. 1871. S. 125. — Goltz: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. Nr. 45. — Golowin: Ebenda 1869. S. 817. — Zimmer: Deutsche Klinik 1867. Nr. 14. — Senff: Ueber den Diabetes nach Kohlenoxydathmung. Dissert. Dorpat. 1869. — Jacubasch: Arch. f. path. Anat. XLIII, 196. — Berrel: Med. times and gaz. 1868. I, p. 284. — Salkowski: Arch. f. path. Anat. L, 174. — Reichardt: Zeitschr. f. analyt. Chem. 1871. S. 379. — Schultzen u. Riess: Ann. d. Charité-Krankenh. z. Berl. XXV, 1869. — Schultzen: Zeitschr. f. Chem. 1867. S. 138. — Simon u. Wibel: Ber. d. deutsch. chem. Ges. IV, 139. — Eggel: Deutsch. Arch. f. klin. Med. VI, 421. — Thierry-Mieg: Gaz. méd. 1868. p. 265. — Marowski: Deutsch. Arch. f. klin. Medicin. IV, 449. — Gäthgens: Med. chem. Unters. v. Hoppe-Seyler. III, S. 301. — Wyss: Arch. d. Heilk. IX, S. 232. — Brüff: Wiener med. Wochenschr. 1871. Nr. 23. — Huppert: Arch. d. Heilk. VIII, 331. — C. A. Lewald: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1873. — Betz: Memorabilien 1874. XIX, 66. — Hoppe-Seyler: Med. chem. Unters. IV, (Analyse eines Harnsteins). — Lebon: Compt. rend. LXXIII, p. 47. (Analyse eines Xanthinsteins). — Rosenstern: Arch. f. path. Anat. LXXXVI, S. 27. — Mendel: Arch. f. Psychiatrie. III, 1872. S. 636. — Secchi: Berl. klin. Wochenschr. 1872. Nr. 20. — Rupstein: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1874. S. 865. — Byasson: Compt. rend. 1874. LXXVIII, S. 649. — W. Oehme: Deutsch. Arch. f. klin. Med. 1874. XIV, 262. — Senator: Unters. über den fieberhaften Process u. seine Behandl. Berlin 1873. — Huppert: Arch. f. path. Anat. LIX, 367. — Senator: Arch. f. path. Anat. LX, Heft 3 u. 4. — Baumstark: Arch. f. Physiol. IX, 568. — Ollivier: Gaz. hebdomad. 1875. Nr. 11 u. 13. — Fürbringer: Berl. klin. Wochenschr. 1874. Nr. 24 u. 28. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1877. Nr. 48. — J. Petri: Petersburg. med. Wochenschr. 1876. Nr. 11. — Löbisch: Oesterr. med. Jahrb. 1876. Heft 1. — Parrot et Robin: Arch. général. 1876. p. 129. — Strümpell: Arch. d. Heilk. 1876. S. 390. — A. Niemann: Beitr. zur Lehre von der Cystinurie beim Menschen. Leipzig 1876; auch deutsch. Arch. f. klin. Med. XVIII, 232. — Senator: Arch. f. path. Anat. LXVIII, 380. —

Brouardel: Arch. de physiologie 1876. p. 372. 522. — Senator: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1877. S. 357. — Ed. Levinstein: Berl. klin. Wochenschrift 1876. Nr. 27. — Derselbe: Weitere Beiträge zur Pathologie der Morphiumsucht etc. Vortrag, gehalten in der Berl. med. Gesellsch. 22. Nov. 1876. Berlin 1876. — Bothe u. Scheube: Arch. d. Heilk. 1876. S. 185. — v. Mering: Beil. z. Tagbl. der 49. Versamml. deutscher Naturf. u. Aerzte. S. 128. — Führy-Snethlage: Deutsch. Arch. f. klin. Med. XVII, 418. — L. J. Teissier: Du diabète phosphatique etc. Paris 1877. — Stokvis: Weekblad van het nederl. Tydschr. f. Geneesk. 1876. Nr. 36. — Schmuziger: Arch. f. Heilk. 1876. S. 273. — Ganghofner u. Přibram: Prag. Viertelj. 1876. S. 77. — Hilger: Arch. f. Pharm. Mai 1875. — Jaffé: Arch. f. path. Anat. LXX. 72. — Fr. Hofmeister: Zeitschr. f. phys. Chemie I. 101.

Allgemeine Bemerkungen.

Die Flüssigkeit, welche aus den Harncanälchen der Nieren ausgeschieden wird: der Harn, ist in chemischer Beziehung genauer und vollständiger studirt und zwar nach den verschiedensten Richtungen, wie irgend ein anderes thierisches Secret. Die chemische Natur desselben ist eine sehr verschiedene, je nach den verschiedenen Thierclassen und je nach den Ernährungsverhältnissen derselben, so dass im Allgemeinen der Harn jener Thiere, die ähnliche Nahrung geniessen, ähnliche chemische Verhältnisse zeigt. Die Zusammensetzung des Harns ist aber ausserdem auch noch abhängig von den verschiedensten körperlichen physiologischen und pathologischen Bedingungen, so dass in keinem anderen Secrete sich der jeweilige Ernährungszustand des Organismus so vollkommen und rasch wiederspiegelt, wie im Harne. Alles dies bezieht sich nicht nur auf die quantitativen Verhältnisse seiner Bestandtheile, sondern auch auf die Natur der letzteren selbst. Durch den Harn werden nicht nur zahlreiche, und zwar je nach der Modalität des Stoffwechsels verschiedene Umsatzproducte der thierischen Gewebsbestandtheile, sondern auch dem Körper von aussen zugeführte, und in selbem nicht zur Gewebsbildung verwendete, theils organische, theils unorganische Stoffe und zwar erstere theils unverändert, theils metamorphosirt, aus dem Körper ausgeschieden.

Eine klare und übersichtliche Darstellung der Chemie des Harns erfordert daher ein genaues Auseinanderhalten des nicht Zusammengehörigen, eine getrennte Behandlung des Harns des Menschen und der verschiedenen Thierclassen, und endlich eine eingehende Betrachtung der auf die Zusammensetzung des Harns einen mehr oder weniger bestimmenden Einfluss äussernden Momente. Wir werden, um diesen Postulaten nach Kräften zu genügen, in Nachfolgendem zuerst eine Schilderung des menschlichen Harns unter normalen Verhältnissen geben, sodann die Schwankungen seiner Zusammensetzung innerhalb physiologischer Grenzen betrachten, und hieran alle ausserhalb der physiologischen Grenzen fallenden Zusammensetzungsänderungen anreihen. Den Schluss wird eine kurzgefasste Schilderung des Harns der verschiedenen Thierclassen bilden.

Harn des Menschen.

Physikalische Charaktere.

Physikalische Charaktere. Der normale frisch gelassene Harn ist klar, von bernsteingelber Farbe, vollkommen durchsichtig, von eigenthümlichem Geruch und bitter salzigem Geschmack. Bei ruhigem Stehen pflegt er ein geringes Wölkchen aus Epithelialzellen der Blase und ihrem Detritus abzusetzen. Sein specifisches Gewicht schwankt zwischen 1·005 und 1·030.

Eigenthümliche Formelemente enthält der normale Harn nicht. Seine mikroskopische Untersuchung ergiebt gewöhnlich Pflasterepithelien, von der Harnblase und der Harnröhre stammend, und vereinzelte Schleimkörperchen. Seine Reaction ist deutlich sauer. Doch wurde wiederholt beobachtet, dass nach dem Gebrauche warmer Bäder, die Acidität des Harns abnehmen und in alkalische Reaction umschlagen kann (Hébert, Duriau, Poulet, Willemin, Zülzer, Spengler u. A.).

Chemische Bestandtheile.

Chemische Bestandtheile des Harns.

a. Normale und constante Bestandtheile des Harns.

Constante.

Als solche betrachten wir folgende:

Wasser, — Harnstoff, — Harnsäure, — Hippursäure, — Kreatin, — Kreatinin, — Xanthin, — Rhodanwasserstoffsäure, — Harnfarbstoffe, darunter Urobilin, — Indican, — Extractivstoffe, — Harnblasenschleim und Calciumoxalat.

Von anorganischen Stoffen: Kalium, — Natrium, — Ammonium, — Calcium, — Magnesium, — Spuren von Eisen, — gebunden an Chlor, — Schwefelsäure, — Phosphorsäure, ausserdem Spuren von salpetersauren Salzen und Silicium.

Von Gasen: Kohlensäure, Stickstoff und sehr geringe Mengen Sauerstoff.

Von diesen Bestandtheilen kommen einige nur in sehr geringer Menge im normalen Harn vor, so dass dieselbe nicht bestimmt werden kann.

Nicht constante.

b. Nicht constante und abnorme Harnbestandtheile.

Wir zählen hierher einmal alle jene Stoffe, deren Existenz im normalen Harne nicht mit voller wissenschaftlicher Sicherheit dargethan ist, dann jene, die nachweisbar nur unter pathologischen Bedingungen, oder unter ganz bestimmten Verhältnissen im Harn vorkommen, ohne

von aussen eingeführt zu sein, oder als Umwandlungsproducte von aussen eingeführter Stoffe im Harne aufzutreten. Von diesen letzteren wird später die Rede sein.

Albumin, — Paraglobulin, fibrinoplastische Substanz, Mucin und Peptone, — Traubenzucker, — eine linksdrehende zuckerähnliche Substanz (H. Haas), — Alcapton, — Brenzkatechin, — Inosit, — Milchsäure und milchsaure Salze, — Fett und flüchtige Fettsäuren, — Oxalursaures Ammonium (ob normal, nicht entschieden), — Bernsteinsäure, — Bilirubin, — Urofuscohämatin und Urorubrohämatin, — gallensaure Salze (nach Naunyn, Fudakowski und Höne in kleinen Mengen im normalen Harn enthalten), — Phenol als Sulfonsäure (Baumann), — Benzoësäure, — Allantoin, — Leucin und Tyrosin, — Cystin, — Taurin, — Hämoglobin, — Nefrozymase (Béchamp), — Harnstoffferment von Musculus, — die Bestandtheile des Eiters und Samens, — Ammoniumcarbonat — Ammonium-Magnesiumphosphat, — Schwefelwasserstoff.

Geringe Mengen von Albumin scheinen auch im normalen Harn gelegentlich vorzukommen, wie aus Beobachtungen von Leube hervorgeht.

Beneke giebt als Bestandtheil mancher Harne auch Cholesterin an, was aber von Krusenstern bestritten wird. Nach Rabuteau wären im normalen Harn Brommetalle und zwar so viel, dass das Brom schon in 300 bis 400 Grm. Harn nachweisbar wäre, eine Angabe, die sicherlich auf Täuschung, möglicher Weise auf der Anwendung unreiner Reagentien beruht.

Schönbein will endlich im Harn Spuren von Wasserstoffsuperoxyd nachgewiesen haben.

c. In Harnsedimenten vorkommende Bestandtheile.

Bestandtheile von Harnsedimenten.

Zuweilen wird ein trüber Harn gelassen, der sich dann, wenn er einige Zeit lang ruhig steht, in der Weise klärt, dass der die Trübung veranlassende Körper sich zu Boden setzt und so ein Sediment bildet. Zuweilen aber wird der Harn vollkommen klar gelassen und erst beim Erkalten scheiden sich gewisse Harnbestandtheile aus und bilden das Sediment.

Die in Sedimenten bisher nachgewiesenen Stoffe sind folgende:

Harnsäure, — harnsaure Salze (harnsaures Natrium, — Kalium, — Ammonium, — Calcium und — Magnesium), — Calciumoxalat, — Calciumphosphat, — Magnesiumphosphat, — Ammonium-Magnesiumphosphat, — Cystin, — Tyrosin, — Xanthin, — Cholesterin, — Sarkin (?); — von organisirten Materien: Schleim und Epithelien, — Eiter, — Blut, — Samenfäden, — Pilzvegetationen, — Bacterien (*Sarcina ventriculi Goodsir*), — Faserstoffcoagula.

Allgemeines chemisches Verhalten des normalen Harns.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Normaler Harn bleibt beim Kochen klar und wird durch Säuren nicht sofort gefällt. Wird er mit Salz-, Salpeter- oder Essigsäure versetzt, so entwickelt sich ein eigenthümlich widerlicher Geruch und zugleich nimmt er eine dunklere Farbe an. Nach einigen Stunden findet man Harnsäure in Krystallen ausgeschieden.

Alkalien bewirken Trübung oder Niederschläge von phosphorsauren Erden.

Chlorbaryum bewirkt eine Fällung von Baryumsulfat und Baryumphosphat; war vorher mit Salz- oder Salpetersäure angesäuert worden, so enthält der Niederschlag nur Baryumsulfat.

Salpetersaures Silber schlägt Chlorsilber und Silberphosphat nieder; war vorher angesäuert worden, oder enthielt die Silberlösung freie Säure, so enthält der Niederschlag nur Chlorsilber.

Essigsaures Blei fällt Chlorblei.

Versetzt man Harn mit einer verdünnten Auflösung von Mercurinitrat, so entsteht eine Trübung, die anfänglich wieder verschwindet, indem sich das im Harn vorhandene Chlornatrium mit dem Mercurinitrat zu Natriumnitrat und Sublimat umsetzt; sobald aber alles Kochsalz auf diese Weise zersetzt ist, bringt jeder weitere Tropfen der Quecksilberlösung einen bleibenden weissen Niederschlag hervor, indem nun das Mercurinitrat mit dem Harnstoff sich zu einer unlöslichen Verbindung vereinigt.

Versetzt man Harn mit einer verdünnten Auflösung von Mercurinitrat so lange, bis sich ein bleibender Niederschlag einstellt und fährt mit dem Zusatze der Quecksilberlösung fort, so lange man noch Verdickung bemerkt, und neutralisirt man die freie Säure der Mischung von Zeit zu Zeit mit Natriumcarbonat, so erhält man einen weissen flockigen, in Wasser unlöslichen Niederschlag. Endlich aber kommt ein Zeitpunkt, wo durch den Zusatz von Natriumcarbonat die Mischung oder der Ort, wo der Tropfen hinfällt, eine gelbe Färbung von Mercurihydroxyd oder basischem Mercurinitrat annimmt. Zu diesem Zeitpunkte ist aller Harnstoff gefällt und der Niederschlag enthält 1 Mol. Harnstoff auf 2 Mol. Quecksilberoxyd (vergl. S. 251).

Eisenchlorid zu mit Essigsäure versetztem Harn gefügt, bewirkt einen Niederschlag von Ferriphosphat.

Ammoniumoxalat bewirkt einen Niederschlag von Calciumoxalat.

Starker Weingeist bewirkt eine auf Zusatz von Wasser wieder verschwindende Trübung.

Gerbsäure trübt normalen Harn nicht, oder nur schwach.

Frisches Blut, zu warmem Harn gemischt, wird zuerst coagulirt

und dann löst sich das Hämoglobin aus dem Coagulum in der freien Säure des Harns auf und färbt letzteren roth.

Beim Schütteln von Harn mit Indigotinctur und Eisenvitriollösung verschwindet die blaue Farbe der Indigotinctur. Lässt man in 30 bis 40 g frischen Harns, 8 bis 12 Tropfen durch Wasserstoffschwefel (H_2S_2) genau entfärbte Indigotinctur fallen, so bleibt das Gemisch farblos, bläut sich aber sofort, wenn einige Tropfen Eisenvitriollösung hinzugefügt werden. Beide Wirkungen bleiben aus, wenn dem Harne vorher kleine Mengen von schwefliger Säure zugesetzt waren. Aus diesen Reactionen schliesst Schönbein, dass der Harn geringe Mengen von Wasserstoffsuperoxyd enthalte.

Versetzt man frisch gelassenen, sauer reagirenden Harn mit gesättigtem Jodwasser, so erhält man ein Gemisch, welches Stärkekleister nicht bläut und setzt man zu Harn etwas wässerige Jodstärke, so wird letztere entbläut (Pettenkofer, Corvisart, Schönbein u. A.). Mit thierischer Kohle entfärbter Harn zeigt das Jodbindungsvermögen in gemindertem Grade, mit Ozon behandelter Harn gar nicht mehr. Bei der Jodbindung scheinen sich die Extractivstoffe des Harns und die Harnsäure, welche letztere das Vermögen, Jod zu binden, für sich besitzt, vorzugsweise zu betheiligen (Schönbein, Huppert). Ganz ähnlich verhält sich der Harn gegen Brom. Auch dieses wird durch gewisse Harnbestandtheile fest gebunden und kann aus diesen Verbindungen nur durch sehr viel Chlorwasser, und auch da nur unvollständig frei gemacht werden.

Wird Harn mit Stärkekleister auf 60° bis 70°C. erwärmt, so erfolgt völlige Lösung der Stärke unter Bildung von Traubenzucker (Béchamp). Versetzt man filtrirten normalen Harn mit dem 2- bis 3fachen Volumen 90procentigen Weingeists, so erhält man einen aus Erdphosphaten und einem Eiweisskörper (?) bestehenden Niederschlag. Die wässerige Lösung desselben besitzt die Fähigkeit, Stärke in Zucker zu verwandeln. Beim Kochen geht diese Fähigkeit verloren (Béchamp's Nefrozymase).

Die durch Destillation normalen Harns mit Schwefelsäure gewonnenen Destillate bläuen mit Schwefelsäure angesäuerten Jodkaliumkleister, namentlich nach dem Schütteln mit amalgamirten Zinkspänen, und enthalten demnach Spuren von Salpetersäure und salpetriger Säure.

Behandelt man Harn mit Zink und Salzsäure, so findet Entwickelung von Schwefelwasserstoff statt, während weder Salzsäure für sich, noch Schwefelsäure in der Kälte eine ähnliche Wirkung äussern; niemals zeigt sich dabei Entwickelung von schwefliger Säure (Sertoli).

Dieses Verhalten findet seine Erklärung in dem Gehalte des Harns an Rhodanmetallen (Gscheidlen, Munk).

Alkalische Harngährung.

Wird der Harn längere Zeit der Luft ausgesetzt, so wird seine Farbe gewöhnlich blasser und es scheiden sich Sedimente aus, die, so wie auch an den Wänden des Gefässes sich bildende gelbrothe Krystalle

aus Harnsäure, zuweilen mit harnsauren Salzen und Schleim gemengt bestehen. Aus dem Schleim entwickeln sich zuweilen einzellige, hefeähnliche Pilze. Nach Voit findet dabei stetige Abnahme der Acidität des Harns statt, während Scherer angiebt, dass im Beginne der Harnzersetzung der Säuregehalt zunimmt (saure Harngährung). Nach den Beobachtungen von J. Reoch ist Letzteres zuweilen, aber selten der Fall. Nach 3 bis 4 Wochen, oft auch früher, wird der Harn neutral, endlich alkalisch, riecht stark ammoniakalisch und bedeckt sich mit einer weissen schleimigen, hier und da glänzende Pünktchen zeigenden Haut; bald darauf bilden sich auch auf dem Boden des Gefässes weisse wolkige Massen, in denen schon mit freiem Auge erkennbare Krystalle sich zeigen. Die weissen Häute (vergl. Kyesteïn S. 306), sowie die Sedimente, zeigen unter dem Mikroskope Krystalle von Ammonium-Magnesiumphosphat, Pilzvegetationen und braunschwarze mit feinen Spitzen besetzte Kugeln von harnsaurem Ammonium. Wird solcher Harn mit Säuren vermischt, so braust er auf, in Folge der Zersetzung des Harnstoffs und seiner Verwandlung in Ammoniumcarbonat. Mit Alkalien erwärmt, entwickelt er reichlich Ammoniak (alkalische Harngährung).

Ursache derselben.

Die alkalische Harngährung tritt aber nicht immer erst so spät ein, sondern unter gewissen, zum Theil noch nicht ermittelten Verhältnissen viel früher, sogar schon innerhalb der Blase. Bei einer 20° C. übersteigenden Temperatur, geht schon normaler Harn ziemlich rasch in alkalische Gährung über, noch schneller, wenn er in unreinen Gefässen aufbewahrt wurde. Ueber die Ursachen der alkalischen Harngährung gehen die Meinungen auseinander. Scherer liess sie durch den sich zersetzenden Blasenschleim entstehen, und hieraus würde es sich allerdings erklären, weshalb ein bei der Entleerung bereits alkalisch reagirender und mit Säuren brausender Harn am häufigsten bei Leiden der Blasenschleimhaut beobachtet wird. Nach van Tieghem und Schönbein, so wie nach Pasteur dagegen, handelt es sich bei der alkalischen Harngährung um ein geformtes Ferment, um gewisse Pilze (*Torulaceen*, nach neueren Angaben wohl um *Schizomyceten*, *Micrococcus ureae* Cohn). Die Pilzhäutchen gährenden Harns, durch Filtriren und Auswaschen mit Wasser isolirt und gereinigt, führen frischen Harn rasch in alkalische Gährung über, und zerlegen Harnstoff in Kohlensäure und Ammoniak. Wie alle organisirten Fermente soll auch dieses Wasserstoffsuperoxyd zersetzen und seine Wirksamkeit durch siedendes Wasser einbüssen. Auch Pasteur betrachtet die von aussen stammenden Pilze als das Ferment der alkalischen Harngährung und glaubt, dass überall, wo der Harn bereits alkalisch gelassen wird, das Ferment (durch Katheterisiren) in die Blase gelangt sein müsse. Musculus hat die Pilze zu isoliren versucht, indem er faulenden Harn filtrirte, wobei dieselben auf dem Filter zurückbleiben. Er wusch das Filter mit Wasser aus, bis es keine alkalische Reaction mehr zeigte und trocknete es bei gelinder

Wärme. Etwas dieses Papiers rief in einer Harnstofflösung sofort Spaltung des Harnstoffs in Kohlensäure und Ammoniak hervor. Färbt man ein derartiges Papier mit Curcuma und trocknet es, so ist es nach Musculus ein äusserst empfindliches Reagens auf Harnstoff. In neutralen Harnstofflösungen färbt es sich durch die Bildung von Ammoniumcarbonat nach wenigen Minuten durch die wiederauflebenden Pilze braun (Reagenzpapier von Musculus auf Harnstoff).

Musculus' Reagens auf Harnstoff.

Nicht verschwiegen darf aber werden, dass das so oder in ähnlicher Weise dargestellte Ferment sich nicht immer gleich wirksam zeigte und dass die Theorie Pasteur's überhaupt vielfach bestritten wird (Feltz und Ritter, Gosselin, Dumas, Hiller). Voit behauptet, dass die Pilzbildung und die Zersetzung des Harnstoffs erst dann eintreten, wenn der Harn durch chemische Umsetzung seine saure Reaction eingebüsst habe. Das im Harn vorkommende saure Natriumphosphat zersetze beim Stehen allmählich die harnsauren Salze, wobei zuerst saure harnsaure Salze, dann freie Harnsäure herausfallen und dadurch das saure Natriumphosphat in basisches verwandelt wird.

In neuester Zeit kommt man wieder auf die Scherer'sche Theorie der alkalischen Harngährung zurück, und würde es sich dabei um ein Enzym handeln. Als das beste Material für die Gewinnung desselben erkannte Musculus den dickflüssigen schleimreichen Harn bei Magencatarrh. Der durch Alkohol gefällte und bei gelinder Wärme getrocknete Schleim ist frei von allen Fermentzellen oder Organismen, zerlegt aber in wässeriger filtrirter Lösung Harnstoff in kurzer Zeit. Durch abermaliges Fällen mit Alkohol wird er als eine amorphe glänzende Masse erhalten, von welcher 1 Decigr. genügt, um 2 Decigr. Harnstoff in 50 ccm Wasser in Ammoniumcarbonat zu verwandeln. Durch Phenol büsst das Ferment seine Wirkung nicht ein, wohl aber durch verdünnte Säuren. Auch das Filter, welches zum Abfiltriren des Schleims gedient hat, zeigt sich wirksam und kann als Reagens auf Harnstoff benutzt werden.

Bei der Harngährung verschwindet das Wasserstoffsuperoxyd; es bildet sich, wahrscheinlich durch Reduction der Salpetersäure durch Pilze, salpetrige Säure, im ferneren Verlaufe der Gährung verschwindet auch diese und es tritt eine, starke Fluorescenz des Harns bedingende Substanz auf (Schönbein).

Grund der sauren Reaction des Harns.

Die saure Reaction des Harns ist unter normalen Verhältnissen dadurch bedingt, dass sich die durch die Gewebsmetamorphose erzeugte Harnsäure, Hippursäure und Schwefelsäure (aus dem Schwefel der Eiweisskörper) mit den phosphorsauren Alkalien in die Basis theilen und dadurch saure Salze entstehen, worunter namentlich saures Natriumphosphat. Setzt man zu einer wässerigen Lösung des gewöhnlichen Natriumphosphates allmählich Harnsäure und erwärmt, so erhält man eine saure Flüssigkeit, aus der sich beim Erkalten ein weisses, aus Natriumurat bestehendes Pulver abscheidet (Liebig). Demnach würde die saure Reaction des Harns nicht durch eine eigentlich freie Säure, sondern

durch saure Salze, namentlich saures Natriumphosphat bedingt sein (Voit, Huppert). Die Meinung Byasson's, dass die saure Reaction des Harns durch Kohlensäure und Harnsäure hervorgerufen sei, ist nicht ausreichend begründet.

Verhalten des Harns gegen Gase.

Verhalten des Harns gegen Gase. Für Kohlensäure besitzt der Harn ungefähr dasselbe Absorptionsvermögen wie Wasser. Nach den Versuchen von Planer nimmt Harn bei 19·3° C. 0·9072 Vol. Kohlensäure auf, während Wasser bei 20° C. nach Bunsen 0·9014 Vol. absorbirt. Dasselbe gilt für den Sauerstoff. Harn von 19·4° C. nimmt 0·0326 Vol. auf, Wasser bei 20° C. 0·02839 Vol. Das Absorptionsvermögen des Harns für Stickstoff ist ausserordentlich gering und wurde bisher nicht bestimmt. Im Allgemeinen enthält der Harn weit weniger Kohlensäure und Sauerstoff, als er aus einer Atmosphäre der reinen Gase aufnehmen könnte.

Quantitative Zusammensetzung des normalen menschlichen Harns.

Quantitative Zusammensetzung.

Die quantitative Analyse einer durch eine oder mehrere Harnentleerungen gelieferten Harnmenge ist einfach der Ausdruck für die Zusammensetzung der analysirten Probe, im Uebrigen aber ohne allen physiologischen Werth, denn die nächste Entleerung könnte einen ganz anders zusammengesetzten Harn liefern. Also einfach nur dann, wenn die Frage die wäre: wie ist die durch eine bestimmte Harnentleerung gelieferte Harnprobe zusammengesetzt? würde die Analyse eine brauchbare Antwort geben. Schon die äusseren Charaktere des zu den verschiedenen Tageszeiten und unter verschiedenen körperlichen Verhältnissen gelassenen Harns aber zeigen, wie verschieden seine Beschaffenheit ist.

Anderseits aber ist die Kenntniss der Zusammensetzung des Harns die physiologische Grundlage der Beurtheilung der Verhältnisse der Ernährung und des Stoffwechsels. Die mit dem Harne den Körper verlassenden Stoffe repräsentiren einen sehr bedeutenden Theil der Ausgaben, und stehen der Natur der Sache nach in einem bestimmten Verhältnisse zu den Einnahmen des Thierkörpers. Wir haben bereits weiter oben gezeigt, dass der Stickstoff der umgesetzten Körperbestandtheile unter gewissen Bedingungen, im Gleichgewichtszustande des Körpers, in dem Harne ausgeschieden werde, und dass demnach die Harnstoffausscheidung unter Umständen, aber keineswegs so allgemein, als man früher voraussetzte, als Maass des Stoffwechsels verwerthet werden könne. Auch an die quantitativen Verhältnisse der übrigen, und namentlich auch der anorganischen Harnbestandtheile, knüpfen sich unter gewissen Voraussetzungen physiologisch und pathologisch nicht unwichtige Fragen und man hat daher auch aus allen diesen Gründen, den Gewichtsverhältnissen

der im Harn enthaltenen Stoffe seit lange grosse Aufmerksamkeit geschenkt. Erst dann aber, als man anfing, derartige Untersuchungen von einem rationellen Standpunkte aus anzustellen und man sich mehr und mehr bewusst wurde, was durch sie bewiesen werden kann und soll, erhielt man für Physiologie und Pathologie verwerthbare Resultate.

Die bei solchen Untersuchungen zu beachtenden Momente aber sind ausserordentlich zahlreich, nicht immer von gleichem und nicht immer von genau zu eruirendem Wirkungswerthe, und oft gar nicht genau festzustellen. Es liegt auf der Hand, dass die aus den Resultaten gezogenen Schlussfolgerungen um so unsicherer werden, je weniger man dem Postulate der genauen Feststellung der Prämissen zu genügen im Stande war. Diese nothwendigen Prämissen und zu berücksichtigenden Momente sind aber folgende:

1. Genaue Kenntniss der Ernährungsverhältnisse des betreffenden Individuums, seiner körperlichen Constitution und der Qualität und Quantität der Nahrung.

2. Ermittelung des Einflusses, welchen die verschiedenen physiologischen Zustände, die qualitativen und quantitativen Verhältnisse der Einfuhr, die Tageszeiten, die Thätigkeit anderer Excretionsorgane, die Temperatur, Körperbewegung, die Lebensweise u. s. w. auf die Ausscheidung der einzelnen Harnbestandtheile ausüben.

Diese Momente als bekannt vorausgesetzt, erhält man aus Harnuntersuchungen für die Physiologie verwerthbare Resultate, wenn man die Gewichtsmengen der, innerhalb einer gegebenen Zeit, durch den Harn ausgeschiedenen Stoffe bestimmt und wenn ferner die von Individuen von verschiedener Körpermasse, resp. von verschiedenem Körpergewicht, durch den Harn ausgeschiedenen Stoffmengen dadurch vergleichbar gemacht werden, dass man die gefundenen Gewichtsmengen der Harnbestandtheile auf gleiche Körpergewichte, auf eine Einheit des Körpergewichts berechnet. Die in gleicher Zeit und von gleichem Thiergewicht gelieferten Stoffmengen, kann man als Maass für die Absonderungs- und Umsatzgeschwindigkeit ansehen, indem man dabei von der mindestens für die meisten Fälle zutreffenden Voraussetzung ausgeht, dass, alles Andere gleichgesetzt, die Gewichte des bildenden Thierleibes und der gebildeten Harnbestandtheile in geradem Verhältniss mit einander wachsen (Ludwig). Je nach dem Ziele, welches man bei der Harnanalyse verfolgt, sammelt man daher den innerhalb 24 Stunden, demnach einer gegebenen Zeitperiode gelassenen Harn, vereinigt, wägt und analysirt nun denselben, wobei man die gefundenen Gewichtsmengen auf die Gesammtmenge des innerhalb 24 Stunden gelassenen Harns berechnet, oder man analysirt unter Umständen den, innerhalb kürzerer bekannter und durch bestimmte Verhältnisse charakterisirter Zeitperioden entleerten Harn (Tageszeiten). Um die ausgeschiedenen Stoffmengen auf die Körpergewichts-Einheit beziehen zu können, dividirt man die gefundenen Gewichtsmengen der Harnbestandtheile durch das bekannte Körpergewicht

des Individuums (in Kilogrammen ausgedrückt), und erfährt so die ausgeschiedenen Harnbestandtheile für je 1 kg Körpergewicht.

Methoden der Harnanalyse.

Die quantitative Analyse des menschlichen Harns, sowie sie zu physiologischen und semiotischen Zwecken ausgeführt zu werden pflegt, beschränkt sich auf die Bestimmung der wichtigeren Bestandtheile desselben.

Die Methoden beruhen theils auf Gewichtsbestimmungen, theils auf den Principien der Maassanalyse. Letztere verdienen, insoferne sie genaue Resultate geben, unbedingt den Vorzug vor ersteren, da sie in viel kürzerer Zeit ausführbar sind, und auch von minder Geübten sicher in Anwendung gezogen werden können.

Wir müssen uns hier darauf beschränken, nur das Princip der wichtigeren Methoden kurz zu skizziren, und verweisen weitere Belehrung Suchende auf die analytischen Handbücher, insbesondere aber auf Neubauer u. Vogel: Anleitung zur qualit. u. quantit. Analyse des Harns. 7. Aufl. 1876.

Feste Stoffe und Wasser.

Die Bestimmung der festen Stoffe und des Wassers geschieht durch Abdampfen einer kleinen gewogenen Menge Harns im Wasserbade und Trocknen des Rückstandes im Luftbade bei 100° C., so lange noch Gewichtsverlust stattfindet. Diese Methode ist übrigens keineswegs genau, da während des Trocknens das saure Natriumphosphat des Harns auf den Harnstoff zersetzend wirkt. Ueber eine befriedigende Resultate liefernde Modification des Verfahrens vgl. Neubauer u. Vogel l. c. S. 168.

Feuerbeständige Salze.

Zur Bestimmung der feuerbeständigen Salze im Allgemeinen, verfährt man mit dem so gewonnenen Harnrückstande genau so wie bei der Bestimmung der feuerbeständigen Salze des Blutes. In gleicher Weise kann auch die Bestimmung der einzelnen Salze vorgenommen werden.

Harnstoff.

Zur Bestimmung des Harnstoffs sind verschiedene Methoden vorgeschlagen und in Anwendung gezogen worden. Die genaueren sind nachstehende: a) Man ermittelt die Menge des Ammoniaks, welche eine gewogene Quantität Harn bei der Zersetzung mit concentrirter Schwefelsäure liefert (Heintz, Ragsky); diese Methode fusst darauf, dass der Harnstoff beim Erhitzen mit concentrirter Schwefelsäure unter Aufnahme von 1 Mol. Wasser geradeauf in Kohlensäure und Ammoniak zerfällt (vergl. S. 250). Die Kohlensäure entweicht, und das Ammoniak verbindet sich mit der Schwefelsäure zu Ammoniumsulfat, aus welchem das Ammoniak als Platinsalmiak abgeschieden wird; b) man bestimmt die Kohlensäure, welche bei der Zersetzung des Harnstoffs in Kohlensäure und Ammoniak beim Erhitzen seiner Lösungen über 100° C. gebildet wird (Bunsen). Diese sehr genaue Methode gründet sich auf die Eigenschaft des Harnstoffs, in wässeriger Lösung beim Erhitzen über 100° in Ammoniumcarbonat verwandelt zu werden. Die entwickelte Kohlensäure wird an Baryt gebunden und aus dem Gewichte des Baryumcarbonats jenes der Kohlensäure, resp. des Harnstoffs berechnet. Bezüglich einer Modification und Vereinfachung dieser Methode durch Bunge vgl. Neubauer u. Vogel a. a. O. S. 192. c) Man bestimmt den Harnstoff maassanalytisch durch eine titrirte Auflösung von Mercurinitrat (Liebig's Methode). Für ärztliche und physiologische Zwecke wird gewöhnlich diese Methode angewendet, die zwar an Genauigkeit denen von Heintz und Bunsen nachsteht, aber in wenig Minuten auszuführen ist, und daher die Ausführung ganzer Reihen derartiger Bestimmungen in verhältnissmässig kurzer Zeit gestattet. Die Liebig-

sche Methode gründet sich auf die Eigenschaft des Harnstoffs, aus seinen Lösungen und mithin auch aus dem Harne durch Mercurinitrat gefällt zu werden.[1]

Zur Bestimmung des Harnstoffs im Harne verwendet man titrirte Quecksilberlösungen, von denen 1 ccm 0·010 g Harnstoff anzeigt. Es ist aber vor der Bestimmung nöthig, die im Harne vorhandene Phosphorsäure auszufällen. Dies geschieht durch eine Mischung von 1 Vol. einer kalt gesättigten Lösung von Baryumnitrat mit 2 Vol. kalt gesättigtem Barytwasser.

Bezüglich der Ausführung der Methode, der Fehlerquellen, nöthige Correcturen etc. verweisen wir auf Neubauer u. Vogel l. c. S. 182 u. ff.

d) Man ermittelt die auf Normaltemperatur und Normalbarometerstand reducirte Volumensmenge Stickstoffgas, welche aus einer gegebenen Menge Harn durch Einwirkung einer Lösung von Natriumhypobromit entwickelt wird (Methode von Knop-Hüfner.) Die Methode fusst darauf, dass Natriumhypobromit den Harnstoff geradeauf in Kohlensäure, Wasser und Stickgas zerlegt: $CH_4N_2O + 3\,(NaBrO) = 3\,(NaBr) + CO_2 + 2\,(H_2O) + 2\,N$. Diese Methode ist für klinische Zwecke der Schnelligkeit ihrer Ausführung wegen zu empfehlen.

Harnsäure.

Die Bestimmung der Harnsäure geschieht gewöhnlich durch Fällung einer gewogenen oder gemessenen Menge Harn (nicht weniger wie 150 bis 200 ccm) mit Salzsäure und gründet sich darauf, dass Salzsäure aus dem Harne die Harnsäure allmählich nahezu vollständig ausscheidet; in 24 bis 36 Stunden findet eine weitere Ausscheidung nicht mehr statt. Spuren von Harnsäure bleiben gelöst (nach Voit und Zabelin und Schwanert bleiben in je 100 ccm der salzsauren Harnflüssigkeit 0·0048 g Harnsäure in Lösung), dagegen reisst die Harnsäure geringe Mengen von Harnpigment mit sich nieder, so dass sich der Fehler compensirt (Neubauer, Heintz). Die gefällte Harnsäure wird auf einem gewogenen Filter gesammelt, ausgewaschen, getrocknet und gewogen. Ueber eine von Salkowski vorgeschlagene Modification des Verfahrens vgl. Neubauer u. Vogel a. a. O. S. 228.

Hippursäure.

Zur Bestimmung der Hippursäure im menschlichen Harn besitzen wir vorläufig keine brauchbare Methode. Ein von Wreden angegebenes maassanalytisches Verfahren, welches sich auf die Unlöslichkeit des hippursauren Eisenoxyds gründet, giebt keine brauchbaren Resultate. Im Harne von Pflanzenfressern kann die Hippursäure durch Ausfällen des concentrirten Harns mit Salzsäure, Waschen mit wenig Wasser, Pressen, Trocknen und Wägen ziemlich genau bestimmt werden (Henneberg, Stohmann, Rautenberg, Kühn). Ueber eine von H. Putz[1]) vorgeschlagene Methode der Bestimmung der Hippursäure im Pferdeharn durch Titration mit Eisenchlorid fehlt es noch an Erfahrungen.

Kreatinin.

Zur Bestimmung des Kreatinins versetzt man nach Neubauer etwa 300 ccm Harn mit Kalkmilch bis zur alkalischen Reaction, fällt mit Chlorcalcium aus, verdunstet das Filtrat bis nahe zur Trockne und vermischt mit Alkohol von 95°. Man lässt absetzen, filtrirt, verdunstet das Filtrat bis auf 40 bis 50 ccm, und setzt nach dem Erkalten ½ ccm einer säurefreien Chlorzinklösung von 1·2 specif. Gewicht hinzu, rührt einige Zeit um, lässt 3 bis 4 Tage an einem kühlen Orte stehen, sammelt die ausgeschiedenen Krystalle des Kreatinin-Chlorzinks auf einem Filter, wäscht mit kleinen Mengen Weingeist aus, trocknet und wägt. 100 Theile der Doppelverbindung sind = 62·44 Theilen Kreatinin. Diese Methode fusst darauf, dass Kreatinin mit Chlorzink

---

[1]) H. Putz: Ueber die Methoden zur Bestimmung der Hippursäure und Benzoësäure im Harn etc. Dissert. München 1877.

eine in kaltem starken Weingeist kaum lösliche Doppelverbindung von Kreatinin-Chlorzink liefert (vergl. S. 232).

Rhodanwasserstoff.

Zur quantitativen Bestimmung der Rhodanwasserstoffsäure empfiehlt Munk den Harn mit Silbernitrat zu fällen und in dem Niederschlage, der neben Chlorsilber Rhodansilber enthält, durch Schmelzen mit Soda und Salpeter den Schwefel zu bestimmen und selben auf Rhodanwasserstoff zu berechnen. (Sollten nicht die nach Baumann im Harne enthaltenen gepaarten Schwefelsäuren oder Sulfonsäuren das Princip der Methode gefährden?)

Indican, Indigo, Oxalsäure.

Bezüglich der Methoden zur Bestimmung des Indicans nach Jaffé, des Indigos nach Salkowski, und der Oxalsäure nach Neubauer verweisen wir auf Neubauer u. Vogel a. a. O. S. 250 und 252 und auf die Notiz von Salkowsk im Centralblatt für die med. Wissenschaft, 1877, Nr. 21.

Phenol.

Zur Bestimmung des Phenols fällt Munk dasselbe aus dem Destillate des mit Schwefelsäure angesäuerten Harns mit Bromwasser und wägt es als Tribromphenol.

Chlornatrium.

Die Bestimmung des Chlornatriums im Harn kann maassanalytisch und zwar nach den auch für die anorganische volumetrische Analyse bestimmten Methoden vorgenommen werden. Vgl. übrigens Neubauer und Vogel a. a. O. S. 193 bis 196.

Phosphorsäure.

Auch die Phosphorsäure des Harns kann maassanalytisch bestimmt werden und zwar durch eine titrirte Lösung von essigsaurem Uranoxyd. Diese Methode beruht einfach auf der Fällbarkeit der Phosphorsäure durch essigsaures Uranoxyd als phosphorsaures Uranoxyd, welches in freier Essigsäure unlöslich ist. Der geringste Ueberschuss der zugesetzten Uranoxydlösung giebt sich durch eine röthliche Färbung zu erkennen, welche die Flüssigkeit auf Zusatz von Ferrocyankalium annimmt.

Um die an Erden gebundene Phosphorsäure allein zu bestimmen, fällt man eine Partie Harn mit Ammoniak, löst den Niederschlag in möglichst wenig Essigsäure und bestimmt in dieser Lösung die Phosphorsäure auf die oben angegebene Weise.

Schwefelsäure, Kalk und Magnesia.

Zur Bestimmung der Schwefelsäure, des Kalks und der Magnesia, sowie zur Trennung der beiden letzteren in dem Harne ohne Einäscherung desselben, sind verschiedene Methoden bekannt. Sie sind aber meist ebenso umständlich, ja noch umständlicher und jedenfalls weniger genau, als die gewichtsanalytischen Bestimmungen derselben in der Harnasche. Die letzteren werden nach den allgemeinen Regeln der quantitativen anorganischen Analyse ausgeführt.

Ammoniak.

Zur Bestimmung des Ammoniaks im Harn benutzt man eine zuerst von Schlösing angegebene Methode, welche sich einfach darauf gründet, dass eine, freies Ammoniak enthaltende wässerige Lösung an der Luft ihr Ammoniak schon nach relativ kurzer Zeit und bei gewöhnlicher Temperatur verdunsten lässt, und dass verdünnte Schwefelsäure in einem abgeschlossenen Raume sämmtliches Ammoniak absorbirt. Bringt man also eine Ammoniak enthaltende wässerige Lösung, z. B. Harn, neben ein bestimmtes Volumen einer titrirten Schwefelsäure in einen abgeschlossenen Raum, so ist nach einiger Zeit alles Ammoniak von der Schwefelsäure absorbirt und eine äquivalente Menge der letzteren in Ammoniumsulfat verwandelt, die sich durch Zurücktitriren der nicht gesättigten Säure mit Natronlauge von bestimmtem Gehalt leicht bestimmen lässt.

Säuregrad.

Für bestimmte physiologische und ärztliche Zwecke ist es von Interesse, den Grad der sauren Reaction des Harns vergleichen zu können, oder, wie man sich auch wohl nicht ganz richtig ausdrückt, die „freie Säure“ des Harns zu

bestimmen. Da die saure Reaction des Harns von sauren Salzen herrührt, so kann von einer eigentlich freien Säure im chemischen Sinne nur dann die Rede sein, wenn ausser diesen sauren Salzen des Harns auch wirklich freie Säuren, wie z. B. Milchsäure, zugegen sind. Da aber dieses Letztere wirklich der Fall sein kann, so kann man den Säuregrad des Harns, in einer zur Vergleichung geeigneten Weise nur dadurch bestimmen, dass man das Sättigungsvermögen sauer reagirenden Harns, mit dem einer bekannten beliebigen Säure vergleicht. Man ist unter den Aerzten übereingekommen, als Ausgangspunkt des Vergleichs die Oxalsäure zu wählen und es geschieht dies dadurch, dass man eine bekannte Harnmenge mit einer Aetznatronlösung genau neutralisirt, von der jeder ccm. 10 Milligr. Oxalsäure entspricht. Die Säure des Harns wird also durch eine äquivalente Menge Oxalsäure willkürlich ausgedrückt. Vgl. Neubauer u. Vogel a. a. O. S. 201.

Versuche, aus dem specifischen Gewichte des Harns seinen Gehalt an festen Stoffen und an Harnstoff zu berechnen.

Es muss hier noch erwähnt werden, dass man vorsucht hat, für ungefähre Berechnungen der festen Stoffe des Harns und des Harnstoffs, das specifische Gewicht desselben zu benutzen, da Letzteres in einer jedenfalls nahen Beziehung zu den im Harn aufgelösten Stoffen steht. Man erhält nach zahlreichen vergleichenden Untersuchungen approximativ den Gehalt des Harns an festen Stoffen, indem man von dem gefundenen specifischen Gewichte (als ganze Zahl genommen) 1000 abzieht und den Rest verdoppelt. Hätte z. B. ein Harn ein specifisches Gewicht von 1·017, so hätte man $1017 - 1000 = 17 . 2 = 34$ Thle. feste Bestandtheile in 1000 Thln. Harn (Trapp'sche Formel). Ein, wie es scheint noch genaueres Resultat erhält man, wenn man die drei letzten Stellen des auf vier Decimalen bestimmten specifischen Gewichts mit 0·233 multiplicirt (Neubauer).

Haughton hat versucht, aus einer grossen Anzahl von Beobachtungen eine bestimmte als Regel benutzbare Beziehung zwischen Harnstoffgehalt und specifischem Gewichte des Harns abzuleiten. Die von ihm aufgestellten Regeln wurden aber von Nicholson in einer grösseren Anzahl von Fällen nicht bewährt gefunden, daher wir sie hier übergehen.

Mittlere Gewichtsmengen der einzelnen Harnbestandtheile, welche mit dem Harn innerhalb 24 Stunden ausgeschieden werden.

Gewichtsmengen der innerhalb 24 Stunden durch den Harn ausgeschiedenen Stoffe.

So zahlreich die über diese Frage angestellten Beobachtungen sind, so darf man doch bei der Verwerthung der erhaltenen Resultate nie ausser Acht lassen, dass Mittelzahlen nur dann eine wirkliche Berechtigung beanspruchen können, wenn sie aus gleichartigen Beobachtungen gezogen werden. Wenn man aber zusieht, wie es mit diesem Postulate bei der Feststellung der Mittelzahlen für die bei gesunden Menschen innerhalb 24 Stunden durch den Harn entleerten Stoffe steht, so findet man, dass die Gleichartigkeit meist nur darin liegt, dass sich die Versuche auf gesunde Individuen im mittleren Lebensalter und von gewöhnlicher gemischter Nahrung Lebende beziehen. Da aber, wie wir später sehen werden, auf die Zusammensetzung des Harns Alter, Geschlecht, Tageszeit, Genuss von Flüssigkeiten, Fleischquantum der Nahrung, Genuss geistiger und stimulirender Getränke und mehrere andere Momente

den grössten Einfluss ausüben, so ist die Gleichartigkeit der Beobachtungen nur in sehr beschränktem Maasse gegeben, und es würde der Werth der gewonnenen Zahlen gänzlich in Frage stehen, wenn dieselben nicht, sowie sie von verschiedenen Beobachtern aus meist sehr zahlreichen Beobachtungen abgeleitet wurden, unter sich selbst nicht allein, sondern auch mit anderen verglichen, eine bemerkenswerthe Uebereinstimmung zeigten.

Jedenfalls können diese Zahlen nur dazu dienen, von den factischen Stoffausscheidungen durch den Harn, ein ungefähres Bild zu geben. Aus den nachstehenden Tabellen wird sich ausserdem ergeben, dass die für die Zusammensetzung des Harns eines 23jährigen gesunden, 72 Kilogramm schweren Mannes, der eine regelmässige Lebensweise führte und gemischte Nahrung genoss, aus einer achttägigen Beobachtungsdauer abgeleiteten Zahlen mit denjenigen ziemlich nahe übereinstimmen, die J. Vogel aus grossen, an verschiedenen Individuen von ihm und seinen Schülern angestellten Untersuchungsreihen abgeleitet hat.

Bestandtheile	Kerner. 23jähr. Mann. 72 Kilogramm schwer. 8tägige Beobachtungsdauer. In 24 Stunden				J. Vogel. Mittelzahlen aus zahlreichen an verschiedenen Individuen angestellten Beobacht.	
	Minimum	Maximum	Mittel	Für 1 Kg	In 24 St.	In 1000 Th. Harn
Harnmenge . . .	1090 ccm	2150 ccm	1491 ccm	20·7 ccm	1500 ccm	—
Specif. Gewicht .	1·015	1·027	1·021	—	1·020	—
Wasser	—	—	—	—	1440	960
Feste Stoffe . . .	—	—	—	—	60	40
Harnstoff	32·00	43·4	38·1	0·53	35	23·3
Harnsäure	0·69	1·37	0·94	0·01	0·75	0·5
Chlornatrium . .	15·00	19·20	16·8	0·23	16·5	11·0
Phosphorsäure . .	3·00	4·07	3·42	0·05	3·5	2·3
Schwefelsäure . .	2·26	2·84	2·48	0·03	2·0	1·3
Phosphors. Calcium	0·25	0·51	0·38	0·005	—	—
„ Magnesium	0·67	1·29	0·97	0·01	—	—
Gesammtmenge der Erdphosphate .	0·93	1·73	1·35	0·02	1·2	0·8
Ammoniak	0·74	1·01	0·83	0·01	0·65	0·4
Freie Säure . . .	1·47	2·20	1·95	0·02	3·0	2·0

Die Methoden, welche bei diesen Untersuchungen zur Anwendung kamen, waren die oben beschriebenen zuverlässigen.

Kreatinin.

Die in 24 Stunden ausgeschiedene Menge des Kreatinins bei gemischter Nahrung und bei einer Harnmenge von 1609 ccm, beträgt nach den Versuchen von Neubauer durchschnittlich 1·166 g (17 Beobachtungen). Bei mehreren anderen Personen fand Neubauer 0·8 bis 0·9 g. Stopczansky fand in seinem Harn im Mittel täglich 1·07 g. Munk bei gemischter Kost und 1032 ccm Harnmenge 0·803 g (13 Beobachtungen), Voit 1·103 g (2 Beobachtungen). K. B. Hofmann schied innerhalb 24 Stunden bei einer mittleren Harnmenge von 1091 ccm im Mittel 0·681 g Kreatinin aus (27 Beobachtungen), und berechnet aus allen vorhandenen Beobachtungen für einen gesunden erwachsenen Mann in 24 Stunden mit 1474 ccm Harn 0·999 g = 0·067 Procent, per Stunde 0·041 g; als Maximum für 24 Stunden aber 1·35, als Minimum 0·585 g.

Hippursäure.

Ueber die Mengen der innerhalb 24 Stunden ausgeschiedenen Hippursäure schwanken die Angaben sehr, was zum Theil auf Rechnung der wenig genauen Bestimmungsmethoden zu setzen ist. Während Hallwachs aus der 24stündigen Urinmenge verschiedener Personen, selbst bei überwiegender Fleischdiät, nahezu 1 g Hippursäure erhielt, fand Bence-Jones im Mittel aus 7, an zwei Personen angestellten Bestimmungen nur 0·39 g, als Maximum 0·49, als Minimum 0·26 g, Thudichum dagegen fand bei einem gesunden kräftigen, von gemischter Kost lebenden Manne die innerhalb 24 Stunden durch den Harn ausgeschiedenen Hippursäuremengen von 0·169 bis 0·315, ja bis zu 1 g schwankend.

Rhodanwasserstoff.

Nach den Bestimmungen Munk's enthält menschlicher Harn 0·08 g Rhodanwasserstoff = 0·11 g Rhodannatrium im Liter, während Gscheidlen nach einer abweichenden Methode im Mittel aus 14 Bestimmungen 0·0225 g Rhodanwasserstoff = 0·0314 Rhodannatrium fand.

Phosphate.

Von den phosphorsauren Salzen des Harns betragen im Allgemeinen die Erdphosphate $^1/_3$, die phosphorsauren Alkalien $^2/_3$ der Gesammtmenge. Jene der phosphorsauren Erden scheint geringeren Schwankungen zu unterliegen, wie die der phosphorsauren Alkalien (Zinsser). Ein ähnliches Verhältniss zwischen der an Erden und der an Alkalien gebundenen Phosphorsäure wie Zinsser beobachtete Riesell; die Gesammtmenge der Phosphorsäure für 24 Stunden fand er zu 2·7 bis 2·8 g. Zu ähnlichen Zahlen gelangte auch Engelmann bei Versuchen, auf welche wir noch später zurückkommen.

Sulfate.

Nach der in obiger Tabelle aufgenommenen Mittelzahl von J. Vogel betrüge die innerhalb 24 Stunden mit dem Harn ausgeschiedene Schwefelsäure 2 g. Bei einer Reihe von an zwei Personen angestellten Versuchen kam Engelmann zu höheren Zahlen. Er fand nämlich 3·3 bis 4·1 g für 24 Stunden. Die tägliche Ausscheidung

der gepaarten Schwefelsäuren (Sulfonsäuren) im Harn schwankt nach von den Velden unter normalen Verhältnissen innerhalb weiter Grenzen: 0·0944 bis 0·6175 g bei 7 Bestimmungen an gesunden Individuen. Das Verhältniss zwischen derjenigen Schwefelsäure, die in der Form von Sulfaten im Harne enthalten ist, und der gepaarten ist jedoch ziemlich constant und etwa 1 : 0·1045 (7 Bestimmungen).

Alkalien.

Ueber die mit dem Harne ausgeschiedenen Mengen von Kali und Natron bei gemischter Kost mit etwas vorwiegendem Fleisch hat Salkowski Beobachtungen angestellt und gefunden, dass in 24 Stunden im Mittel 3·09 g Kali und 4·21 g Natron ausgeschieden wurden. Die tägliche Kaliumausscheidung berechnet A. Dehn auf 2·9 Kali. Das Verhältniss von Kalium und Natrium ist nach ihm von der Art der Nahrung abhängig; unter gewöhnlichen Umständen fand er es = 1 : 1·35.

Ammoniak.

Die tägliche Ammoniakausscheidung durch den Harn beträgt nach den Versuchen von Koppe bei Männern 0·8 g, bei Weibern 0·5 bis 0·6 g; als physiologisches Maximum bei Männern betrachtet er 1 g.

Oxalsäure.

Ueber den normalen Gehalt des Harns an Oxalsäure liegen Bestimmungen von Schultzen und Fürbringer vor. Derselbe würde nach Ersterem für 24 Stunden 0·07 bis 0·1 g betragen, während von Letzterem, der sich der genaueren Neubauer'schen Methode bediente, 0·02 g als Mittel der Tagesausscheidung angegeben wird.

Indigo und Phenol.

Jaffé fand in 1508 ccm normalem Menschenharn 4·5 bis 19·5 Milligramm Indigo, und Munk bei vorzugsweise animalischer Nahrung im Mittel aus drei an sich selbst angestellten Beobachtungen 0·0011 g Phenol als Tagesausscheidung.

Gasgehalt des Harns.

Gasgehalt des Harns. Ueber den Gasgehalt des Harns und über die Zusammensetzung seiner Gase, sind Untersuchungen von Planer, Cl. Bernard, Morin und von Pflüger angestellt, die im Allgemeinen zu übereinstimmenden Resultaten führten und ergaben, dass im Harn Kohlensäure, Stickstoff und Sauerstoff aufgelöst sind, letzteres Gas aber in so geringer Menge, dass es kaum in Betracht kommt. Der Gasgehalt des Harns stellt sich nach den Beobachtungen von Planer geringer als der des Blutes, und die Kohlensäure macht den bei Weitem grössten Theil desselben aus, ist aber beträchtlichen Schwankungen unterworfen. Die bei den älteren Untersuchungen in Anwendung gezogene Methode war die von L. Meyer für die Bestimmung der Blutgase benutzte. Die durch Weinsäure aus dem ausgekochten Harne gewonnene Kohlensäure, wurde als gebundene angenommen. Wir stellen die von Planer, von Pflüger und von Cl. Bernard gewonnenen Resultate tabellarisch zusammen, schicken aber erläuternde Bemerkungen voraus.

In den Analysen von Planer, der auch die Dichtigkeit des Harns und seinen Harnstoffgehalt bestimmte, betrifft I. einen Harn, der 5 Stun-

den nach dem Frühstück entleert wurde, II. einen Morgenharn nach 14stündigem Fasten und Wassertrinken excernirt, III. 2 Stunden nach dem Mittagessen, IV. nach dem Genusse von 3 Drachmen Weinstein, V. nach dem Genusse von 2 Drachmen neutralem weinsauren Kalium. Die von Pflüger nach seinen exacteren und ein sehr rasches Auspumpen ermöglichenden Methoden ausgeführten Analysen des Harns betreffen einen kräftigen jungen Mann. Der Harn zur Analyse VI. wurde Morgens 10 Uhr entleert. Das Frühstück hatte in einer Tasse Kaffee und einem Weissbrödchen bestanden. Abends vorher war ein mässiges Mahl von gemischter Kost eingenommen. VII. war Nachtharn nach starker Fleischdiät entleert. Der Harn reagirte stark sauer. Als gebundene Kohlensäure ist in diesen Analysen diejenige angenommen, welche erst nach Zusatz von phosphorsäurehaltigem Wasser entwich. Näheres Detail über die Cl. Bernard'sche Analyse fehlt.

Nr. des Versuches und Beobachter		Harn in ccm.	Specifisches Gewicht	Harnstoff in 100 Theilen Harn	In 1000 Cubikcentimeter Harn							In 100 Vol. Harngasen		
					Gesammtes Gas	Freies Gas	Sauerstoff	Stickstoff	Kohlensäure			Kohlensäure	Stickstoff	Sauerstoff
									freie	gebundene	gesammte			
I.	Planer	375	1·015	15·4	75·48	54·7	0·6	8·7	45·4	20·8	66·2	83·0	15·8	1·1
II.	Planer	240	1·011	13·7	71·20	52·4	0·2	8·0	44·1	18·8	62·9	84·2	15·2	0·5
III.	Planer	270	1·021	24·3	160·5	108	0·5	7·8	99·6	52·5	152·1	92·3	7·2	0·5
IV.	Planer	135	1·013	14·4	164·3	136·7	0·8	10·9	125	27·6	152·6	91·4	8	0·6
V.	Planer	135	1·009	6·8	62·2	62·0	0·46	12·84	48·9	0	48·9	78·6	20·6	0·7
VI.	Pflüger	73·37	1·021	—	159·5	152·5	0·7	8·8	143·0	7·0	150	94·05	5·52	0·43
VII.	Pflüger	65·00	—	—	147·5	146·0	0·8	9·2	136·0	1·5	137·5	93·22	6·23	0·55
VIII.	Cl. Bernard	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	78·8	18·6	2·5

Auch Morin stellte Versuche an, die Gase des Harns zu bestimmen, die aber der Unvollständigkeit des Auspumpens halber weit weniger Gas und namentlich weniger Kohlensäure ergaben. Dagegen zeigen die Analysen von Planer und Pflüger insoferne Uebereinstimmung, als beide Beobachter nur Spuren von Sauerstoff erhielten, die möglicherweise durch eingedrungene Luft bedingt sein konnten. Den Kohlensäuregehalt fand Pflüger durchschnittlich höher wie Planer und zugleich, dass sie sich nahezu ganz auspumpen lässt, demnach entgegen den Angaben von Planer nur zum geringsten Theile fester chemisch gebunden ist. Pflüger sucht den Grund davon in der Unvollkommenheit der Planer'-

schen Methode, schliesst aber aus der Langsamkeit, mit der das Auspumpen von statten geht, dass es sich hier um eine lockere chemische Verbindung (Natriumphosphocarbonat?) handeln möge, und die Kohlensäure des Harns nur zum geringsten Theile als eigentlich freie zu betrachten sei.

Quantitative Zusammensetzung der Harnasche.

Harnasche.

Da sich die anorganischen Bestandtheile des Harns direct und mit grosser Genauigkeit bestimmen lassen, so erscheint eine Analyse der Harnasche nur insoferne von Interesse, als sie zur Vergleichung mit der Asche der Fäces einerseits und des Blutes andererseits benutzt werden kann, eine Vergleichung, die einen Ueberblick über die Vertheilung der anorganischen Ausgaben des Thierkörpers gestattet. Wir stellen daher die von Porter ausgeführte Analyse der Asche des menschlichen Harns mit der von demselben Chemiker angestellten Analyse der Fäces desselben Individuums, welches den Harn lieferte, und mit einer Analyse der Blutasche des Menschen zusammen.

Vergleichung der Asche des Harns, der Excremente des Blutes und der Nahrung.

Bestandtheile in 100 Theilen Asche.	Harn. Porter	Fäces. Porter	Blut. Verdeil	Harn und Fäces nach Abzug des Na Cl	Nahrung nach Abzug von Na Cl
Chlornatrium . .	67·26	4·33	55·63	—	—
Kali	13·64	6·10	11·24	28·69	39·75
Natron	1·33	5·07	6·27	4·53	3·69
Kalk	1·15	26·46	1·85	12·48	2·41
Bittererde	1·34	10·54	1·26	6·69	7·42
Eisenoxyd	Spur	2·50	8·68	0·97	0·79
Phosphorsäure . .	11·21	36·03	11·10	25·62	42·52
Schwefelsäure . .	4·06	3·13	1·64	9·05	1·86
Kohlensäure . . .	—	5·07	6·95	1·97	1·12
Kieselsäure . . .	—	—	—	—	0·44

Die Zusammensetzung der Asche der Fäces und des Harns (combinirt), ist jener der Nahrung, wie sie Porter aus den Aschenanalysen der einzelnen Bestandtheile gemischter Nahrung annähernd berechnet hat, sehr ähnlich, mit Ausnahme des Kalks und der Schwefelsäure. Der beträchtlichere Kalkgehalt der Excremente (Harn und Fäces) erklärt sich aus dem bedeutenden Kalkgehalt des Trinkwassers, der höhere

Schwefelsäuregehalt derselben aber aus dem Umstande, dass die Schwefelsäure des Harns zum Theil erst im Organismus, durch Oxydation des Schwefels der Albuminstoffe und Albuminoide erzeugt wird, während sich in den Fäces gewöhnlich auch schwefelhaltige Umsatzproducte der Galle finden.

Harn des Fötus und der Neugeborenen.

Harn des Fötus und der Neugeborenen.

Hierüber liegen Untersuchungen von Dohrn, Ruge und Biedermann, Martin und Ruge, endlich von Parrot und Robin vor.

Nach den Beobachtungen von Dohrn ist der Harn von normal geborenen Kindern (alsbald nach dem Abnabeln mittelst des Catheters gesammelt und 7 bis 8 ccm betragend) sehr blass gefärbt, zuweilen, jedoch selten, Harnsäuresedimente absetzend, im Mittel von 1·0028 specif. Gew. und meist saurer Reaction. Der in zehn Fällen bestimmte Harnstoffgehalt betrug zwischen 0·14 bis 0·83 Procent (13·5 bis 210 mg), mehr bei Knaben als bei Mädchen. Harnsäure war ebenfalls meist leicht nachweisbar; der Gehalt an Chloriden (als Chlor berechnet) schwankte (in sechs Fällen) zwischen 0·02 bis 0·3 Procent (2·6 bis 7·6 mg). Albumin ist im normalen fötalen Harn selten nachzuweisen; häufiger fand es sich, wenn schwere Geburten Circulationsstörungen im Fötus bewirkt hatten, sowie im Harne während der Geburt abgestorbener Früchte.

Nach den sehr ausgedehnten Untersuchungen von Martin, sowie Ruge und Biedermann beträgt die Menge des Harns der Neugeborenen pro Kilo Körpergewicht am ersten Tage 4·4 g, am neunten bis zehnten Tage 18·8 g. In den ersten Tagen ist der Harn meist trübe, erst vom fünften wird er klar. Im Mittel aus 19 Beobachtungen wurden 0·93 Proc. feste Bestandtheile bei einem mittleren specifischen Gewichte von 1·006 gefunden. Der Chlorgehalt des Morgenharns betrug 0·102 Proc., der des Abendharns 0·042 Proc. Albumin fand sich häufiger im Morgen- wie im Abendharn. Der Harnstoff betrug im Mittel aus 87 Bestimmungen 0·489 Proc. Pro Kilo Körpergewicht war er am ersten Tage 0·0205 g und am zehnten Tage 0·0919 g. Die stärkste Harnstoffausscheidung fiel entgegengesetzt den Verhältnissen bei Erwachsenen auf den Vormittag. Harnsäure fanden sie im Mittel aus drei Beobachtungen (sechsten bis achten Tag) 0·0463 Proc. Die Phosphorsäure betrug am fünften Tage 0·014 Proc. und zweimal am siebenten Tage 0·089 und 0·032 Procent.

Parrot und Robin fanden den Gehalt des Harns an Harnstoff bei Kindern von einem Tag bis zu einem Monat mit einem Mittelgewichte von 3850 g zu 0·303 Proc. und pro Tag und Kilo zu 0·23 g. Albumin fand sich bei gesunden Kindern nie. Der Chlorgehalt betrug bei Kindern von drei bis dreissig Tagen 0·079 Proc. Kinder von zwei bis

drei Tagen entleerten 45 g Urin mit 0·0075 g Phosphorsäure, solche von zehn Tagen 200 g Harn mit 0·026, von zehn bis zweiunddreissig Tagen 300 g Harn mit 0·290 Phosphorsäure. Schwefelsäure, Kalk, Magnesia, Kali und Extractivstoffe waren nachweisbar. Zucker wurde nie gefunden.

Schwankungen der durch den Harn ausgeschiedenen Gewichtsmengen der verschiedenen Bestandtheile unter verschiedenen physiologischen Verhältnissen.

Schwankungen in der Ausscheidung von Stoffen durch den Harn unter verschiedenen physiologischen Bedingungen.

So gewiss es ist, dass die Mengen der durch den Harn ausgeschiedenen Producte der Stoffmetamorphose unter verschiedenen physiologischen Bedingungen beträchtlichen Schwankungen unterliegen, und so zahlreiche Untersuchungen über den Einfluss dieser physiologischen Bedingungen angestellt sind, so sicher ist es andererseits, dass wir noch weit davon entfernt sind, einen allgemein gültigen Ausdruck für den Wirkungswerth dieser verschiedenen physiologischen Bedingungen gewonnen zu haben. Der Grund, warum so viele Mühe häufig eine so geringe und zweifelhafte Ausbeute gegeben hat, ist einfach der, weil bei der von den verschiedenen Beobachtern eingeschlagenen Methode, dem ersten Postulate: der Eliminirung aller übrigen Einflüsse, oder der Ermittelung ihres Wirkungswerthes nicht Genüge geleistet werden konnte, oder weil versäumt wurde, auf alle Momente Rücksicht zu nehmen. Die meisten derartigen Untersuchungen sind an Menschen angestellt und in der That ist es gerade hier von ganz besonderem Interesse, namentlich für den Arzt, die Gesetze der Stoffausscheidung zu ermitteln. Allein hier ist es auch am schwierigsten, obigem Postulate zu genügen, ja bis zu einem gewissen Grade ist dies geradezu unmöglich, und damit geht auch die Beweiskraft der erlangten Resultate mehr oder weniger vollständig verloren. Vermag man andererseits bei Thieren allen Anforderungen der Kritik zu genügen, so fragt es sich, inwieferne an Thieren gewonnene Resultate auf den menschlichen Organismus übertragen werden können. Eine wirkliche Kenntniss der Wirkungswerthe der verschiedenen Bedingungen für die Stoffausscheidungen durch den Harn, setzt die genaueste Kenntniss der Gesetze des Stoffwechsels überhaupt voraus. Von einer solchen sind wir aber leider noch sehr weit entfernt. Aus diesen Verhältnissen erklärt sich die keineswegs erfreuliche Thatsache, dass die verschiedenen Beobachter bei der versuchten Feststellung des Einflusses verschiedener Momente auf die Stoffausscheidung durch den Harn nicht selten zu geradezu sich widersprechenden Resultaten gelangt sind, zur Genüge. Sie werden es aber auch rechtfertigen, wenn wir in Nachstehendem nur Dasjenige geben, was in sich die meiste Garantie der Richtigkeit darbietet, aber auch dieses nur mit allem hier so nöthigen Vorbehalte.

1. Ausscheidung des Harnstoffs.

Die innerhalb gewisser Zeiträume mit dem Harn ausgeschiedenen Harnstoffmengen erscheinen abhängig:

Harnstoff.

Allgemein ausgedrückt: 1. von der Masse des Körpers an Fett und Fleisch, 2. von der Menge und Qualität der genossenen Nahrung; 3. von der Stärke der Saftströmung im Thierorganismus.

Allgemeine Bedingungen seiner Ausscheidungsgrösse.

Im Besonderen von folgenden Momenten:

Einfluss des Geschlechtes und des Alters. Als mehr oder weniger constatirt ist darüber Nachstehendes zu betrachten:

Einfluss des Geschlechts und Alters,

Die innerhalb 24 Stunden ausgeschiedenen absoluten Harnstoffmengen sind bei Männern grösser als bei Frauen und Kindern und nehmen mit dem Körpergewichte im Allgemeinen zu, allein keineswegs im geraden Verhältnisse. Bei kleinen Kindern beträgt die für die Einheit des Körpergewichtes ausgeschiedene Harnstoffmenge sogar mehr als bei Erwachsenen, am geringsten ist die Harnstoffausscheidung bei Greisen. Für diese Angaben sind die Gewährsmänner Becquerel, Lecanu, Bischoff, J. Scherer, P. Roche.

Einfluss der Harnmenge. Die innerhalb 24 Stunden ausgeschiedenen Harnstoffmengen, alles Uebrige gleichgesetzt, steigen mit der innerhalb dieser Zeit gelassenen Harnmenge. Ein reichlich gelassener, wenngleich verdünnter Harn, führt mehr Harnstoff aus dem Körper, als ein sparsam ausgeschiedener, aber an und für sich an Harnstoff reicherer (Bischoff, Becher, Kaupp, Genth, Weigelin). Dies gilt selbst für den Harn, der zur selben Zeit aus den beiden Nieren desselben Thieres excernirt wird (Ludwig, M. Hermann). Legt man den Ureter beiderseits bloss und fängt den Harn auf, so zeigt sich, dass die Nieren zu gleichen Zeiten ungleiche Harnvolumina absondern, und zwar von ungleichem Harnstoffgehalte; dem Mehr des Harns entspricht ein Mehr des Harnstoffs. Diese Verhältnisse sind deshalb von Bedeutung, weil sie die Unmöglichkeit darthun, aus der Analyse einer beliebigen Harnportion, irgend welche Schlüsse für den Stoffwechsel zu ziehen.

der Harnmenge.

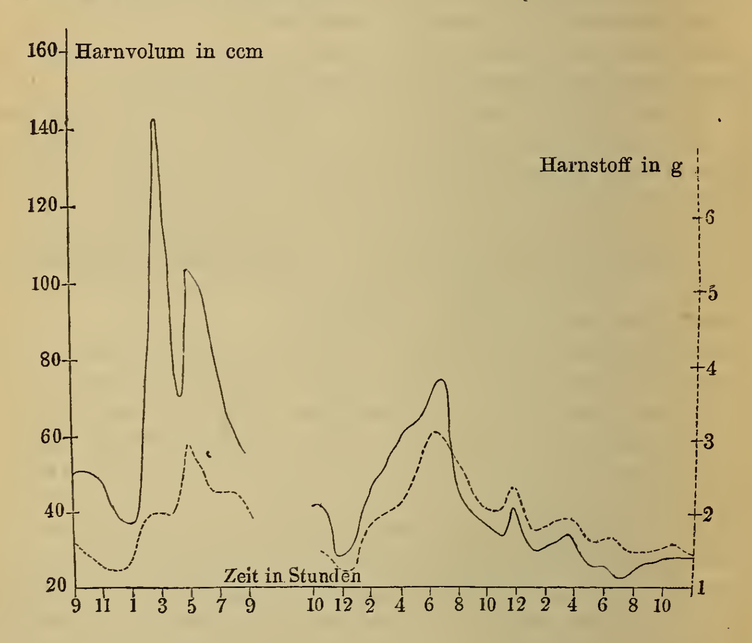
Einfluss der Zahl der Harnentleerungen. Die innerhalb einer gewissen Zeitperiode ausgeschiedenen Harnstoffmengen sind bedeutender, wenn häufige, wie wenn seltene Harnentleerung stattfindet. Man erklärt dies aus einer theilweisen Resorption des Harns bei längerem Verweilen in der Blase (H. Kaupp).

Einfluss der Zahl der Harnentleerungen,

Einfluss der Tageszeiten. Die mit dem Harn ausgeschiedenen Harnstoffmengen sind keineswegs in den verschiedenen Tageszeiten gleich; es finden beträchtliche Schwankungen in der Harn- und Harnstoffmenge statt vom Morgen bis in die späteren Nachmittagsstunden, wo das Maximum erreicht wird, um von da ab wieder zu sinken. Die Essenszeit macht sich dabei in der Weise geltend, dass kurze Zeit nach

der Tageszeiten.

der Mahlzeit der Harnstoffgehalt zu steigen beginnt, nach etwa 6 Stunden seinen Höhepunkt erreicht und dann wieder sinkt. Sinken und Steigen geht mit Schwankungen um eine mittlere Linie vor sich. Mit dem Steigen und Fallen des Harnstoffs, steigt und fällt auch die Harnmenge, jedoch durchaus nicht genau proportional. Untenstehende, diese Verhältnisse erläuternde graphische Darstellung ist Ludwig's Lehrbuch der Physiologie entlehnt (nach Becher's und Voit's Untersuchungen). Die ausgezogenen Curven beziehen sich auf das stündliche Harnvolumen, die punktirten auf den Harnstoff:



Auch bei vollkommen gleicher Lebensweise stellt sich die tägliche Harnstoffmenge nicht von einem zum anderen Tage gleich, sondern schwankt auf und ab in mehr oder weniger regelmässigen Perioden und Abständen.

Einfluss des Geschlechtslebens.

Einfluss des Geschlechtslebens. Nach Beigel soll bei Frauen während der Menstruation die Harnstoffausscheidung ab-, dann aber wieder zunehmen; zu ähnlichen Ergebnissen kam Rabuteau. Derselbe sah die Harnstoffverminderung mit gleichzeitigem Sinken der Temperatur und Pulsfrequenz ein bis zwei Tage vor dem Erscheinen der Menstruation eintreten, einige Tage nach derselben aber wieder zur Norm zurückkehren; es bedürfte aber wohl zahlreicherer Untersuchungen, um dieses Verhältniss bestimmt zu constatiren.

In den letzten Monaten der Schwangerschaft ist die Harnstoffausscheidung normal. Bei Gebärenden und ganz besonders in der zweiten Geburtsperiode, stellt sich eine vermehrte Ausscheidung des Harnstoffs ein, welche in der Regel der Temperaturzunahme parallel geht. Bei Wöchnerinnen nimmt die Harnstoffausscheidung wieder ab (Winckel) und ist am ersten bis zweiten Tage nach der Geburt etwas unter dem normalen Mittel, dann aber wieder normal : 26·8 g in 24 Stunden (Kleinwächter).

Einfluss der Ruhe und Bewegung. Die zahlreichen hierüber angestellten Versuche haben zum Theil geradezu widersprechende Resultate geliefert; jedenfalls muss man daraus den Schluss ziehen, dass dieser Einfluss, wenn er sich überhaupt geltend macht, lange nicht so bedeutend ist, als man früher annahm und a priori hätte erwarten sollen. Bald beobachtete man nach körperlicher Anstrengung geringe Vermehrung der Harnstoffausscheidung, bald sogar Verminderung. Die von Draper, C. G. Lehmann, Speck, Hammond, Genth, Mosler, Parkes, Noyes, J. Ranke, F. Schenk u. A. beim Menschen, und von Voit beim Hunde erlangten Versuchsresultate sind ungemein schwankend und zu sicheren Schlüssen wenig geeignet. Fick und Wislicenus beobachteten gar keine Vermehrung der Harnstoffausscheidung nach starker Bewegung (Besteigung des Faulhorns) an sich selbst, und ebenso kam Haughton nach solchen Bergbesteigungen zu ähnlichen negativen Resultaten. In letzter Zeit aber sind mehrere Beobachter zu positiven Resultaten gelangt, so Weigelin, welcher aus einer Reihe an sich selbst angestellter Versuche zu dem Schlusse kommt, dass Muskelarbeit eine sehr merkbare Steigerung der Harnstoffausscheidung (bis zu einem Plus von 50 Procent!) zur Folge habe, welche besonders in den der Arbeit unmittelbar folgenden Ruhestunden deutlich hervortrete, sowie dass eine noch bedeutendere Harnstoffvermehrung während anhaltender willkürlicher Spannung der Muskeln ohne Arbeit (Tetanus) eintrete, dass aber in diesem Falle die Nachwirkungen geringer seien, wie bei wirklicher Muskelarbeit. Pavy und A. Flint jun., welche den amerikanischen Schnellläufer Weston als Versuchsobject benutzten, der einmal 109½ englische Meilen in 24 Stunden, ein anderes Mal 180 englische Meilen in 48 Stunden, ein drittes Mal 275, endlich 450 Meilen in sechs Tagen zurücklegte, kamen zu dem übereinstimmenden Resultate, dass angestrengte Muskelarbeit eine Harnstoffvermehrung zur Folge habe. Bemerkenswerth ist namentlich, dass die stärkste Harnstoffausscheidung bei Flint's Versuchen auf den fünften Tag nach dem Marsche fiel. Die Resultate Pavy's und Flint's sprechen für die auf Grund ihrer Versuche von Noyes und von Engelmann in Uebereinstimmung mit L. Hermann ausgesprochene Vermuthung, es möge Harnstoffvermehrung nur bei wahrhaft anstrengender erschöpfender Arbeit, nicht aber bei mässiger, den Kräften entsprechender eintreten.

Einfluss der Ruhe und Bewegung.

Einfluss der Temperatur,

Einfluss der Temperatur. Nach den Versuchen von Kaupp soll bei höherer Temperatur in 24 Stunden etwas weniger Harnstoff ausgeschieden werden, wie bei niederer. Hier dürfte wohl die, durch die Schweissbildung bedingte Verminderung der Harnmenge zunächst in Betracht kommen und zwar erscheint dies um so plausibler, als G. Schleich bei künstlicher Steigerung der Körpertemperatur durch warme Bäder zu entgegengesetzten Resultaten kam. Bei allen an drei Menschen angestellten Versuchen beobachtete er nämlich an den Versuchstagen beträchtliche Steigerung der Harnstoffausscheidung, welche auch noch an dem darauf folgenden Tage, ja bis zum dritten Tage nachweisbar war. Auf die vermehrte Harnstoffausscheidung folgte dann eine Verminderung derselben.

der Nahrung.

Einfluss der Nahrung. Wie auf den Stoffumsatz überhaupt, so übt auch auf die innerhalb gewisser Zeitabschnitte erfolgende Harnstoffausscheidung, Quantität und Qualität der Nahrung den bestimmendsten Einfluss aus.

Bei Entziehung aller Nahrung nimmt die innerhalb gewisser Zeiträume ausgeschiedene Harnstoffmenge im Allgemeinen ab; allein nach den übereinstimmenden Beobachtungen verschiedener Physiologen und Chemiker (Lassaigne, J. Scherer, Becher, C. Schmidt, Frerichs, Bischoff, O. Schultzen, F. A. Falck) dauert sie bis zum eintretenden Hungertode, sowohl bei Thieren als Menschen fort, geschieht also auf Kosten der Gewebe. Versuche, dic Falck mit einem Hunde anstellte, dem er jede feste und flüssige Nahrung entzog, ergab beträchtliches Sinken der Harnstoffausscheidung in den ersten Hungertagen, später nahm sie aber wieder zu, so dass mehrere Tage mehr Harnstoff secernirt wurde, als am zweiten Hungertage; in den letzten Lebenstagen sank sie jedoch auf ein Minimum, der Temperaturabnahme des Thieres parallel gehend. Dieses Resultat entspricht der Voraussetzung, dass anfänglich das Fett der Oxydation vorzugsweise anheimfiel, später aber die Eiweisskörper des Thieres oxydirt wurden. Falck's Versuche bestätigen demnach die auch aus den Versuchen von C. Schmidt und von Voit sich ergebende Bedeutung des Fettes für die Lebensdauer hungernder Thiere.

Stickstoffreiche, aus Albuminstoffen (Fleisch, Eier und dergl.) bestehende Nahrung, sowie solche, welche reichliche Mengen von leimgebenden Geweben oder Leim enthält, steigert die Harnstoffausscheidung, und zwar nimmt das Gewicht des täglich ausgeschiedenen Harnstoffs annähernd in dem Masse zu, als die Menge der stickstoffreichen Nahrung wächst (C. Ph. Falck). Diese Vermehrung des Harnstoffs durch Fleischnahrung beginnt schon eine Stunde nach der Nahrungsaufnahme (C. Ph. Falck), hat aber eine Grenze, über die hinaus eine weitere Vermehrung nicht mehr stattfindet (Bischoff und Voit).

Fett und Kohlehydrate sollen die Harnstoffausscheidung vermindern, so dass dasselbe Thier weniger Harnstoff liefert, beim aus-

schliesslichen Genusse von Wasser und Fett, oder selbst bei einer reichlichen Nahrung aus Amylum und Fett mit einem geringen Zusatz von Albuminstoffen, als bei vollständiger Nahrungsentziehung.

Eine aus Mehl, Fett und Fleisch gemischte Nahrung erzeugt, gleiche Nierenthätigkeit vorausgesetzt, weniger Harnstoff, als dieselbe Menge von Fleisch für sich allein genossen (Bischoff, Hoppe-Seyler, Botkin). Ein Zusatz von Fett dagegen zu reichlicher Fleischnahrung bringt eine Verminderung der Harnstoffausscheidung nicht hervor, dieselbe steigt vielmehr in demselben Maasse, wie wenn vermehrte Mengen von Fleisch allein gefüttert werden (Bischoff und Voit).

Einfluss des Trinkens,

Einfluss des aufgenommenen Wassers. Reichliches Trinken steigert, nach übereinstimmenden Beobachtungen bei Menschen und Thieren, den Umsatz der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile und somit auch die innerhalb 24 Stunden ausgeschiedene Harnstoffmenge. Mit der Menge des aufgenommenen Wassers und mit der Harnmenge, steigt die Menge des ausgeschiedenen Harnstoffs, wenn auch der procentische Gehalt des Harnstoffs noch so sehr sinkt (Bischoff, Boecker, Becquerel, Chossat, C. G. Lehmann, Voit, Weigelin). Den Grund dieser Erscheinung hat man darin zu suchen, dass bei vermehrter Wasseraufnahme mehr Parenchymflüssigkeit durch die Gewebe geht und damit der intermediäre Stoffkreislauf, somit auch die Eiweisszersetzung und Harnstoffbildung vergrössert wird (Voit).

Gleiche Mengen fester und flüssiger Nahrung erzeugen unter sonst gleichen Bedingungen nicht gleich viel Harnstoff. War die Nahrung trocken und wird sie später mit Wasser versetzt, so wirkt dieselbe Menge Wasser viel mehr steigernd, als wenn längere Zeit hindurch die Nahrung selbst schon wasserreich war (Mosler). Auch soll Wasser, welches man während des Essens trinkt, eine bedeutendere Harnstoffvermehrung bewirken, wie solches, welches erst nach der Verdauung der festen Speisen getrunken wird.

des Kochsalzes,

Einfluss des Kochsalzes in der Nahrung. Kochsalzzusatz zur Nahrung bedingt eine Vermehrung der Harnstoffausscheidung. Der Grund dieser Erscheinung liegt darin, dass es die Saftströmung im Organismus verstärkt und damit auch den Umsatz der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile steigert (Voit). Die gesteigerte Saftströmung erfolgt auch, ohne dass mehr getrunken wird; um das Salz aus dem Körper in den Harn abzuscheiden, ist Wasser nöthig, wird dieses nicht von aussen zugeführt, so wird es dem, sonst durch die Lungen ausgeschiedenen, oder den Organen entnommen. Aehnlich wie Kochsalz wirken andere Salze, wie z. B. Salpeter.

des Kaffees, Thees, Alkohols und der Coca.

Einfluss gewisser Genussmittel. Es gehören namentlich Kaffee, Thee, Coca und weingeistige Getränke zu jenen, über deren Wirkungen auf den Stoffwechsel Versuche angestellt sind. Im Allgemeinen kam man dabei zu dem Resultate, dass Thee, Kaffee, Bier und Wein den

Stoffwechsel verlangsamen, und damit die Menge des täglich ausgeschiedenen Harnstoffs vermindern. Rabuteau und Eustratiades beobachteten bei sehr gleichmässiger Diät in Folge der Einnahme von 3 Decigramm Caffeïn eine Minderung der Harnstoffausscheidung um über 28 Procent, nach Trinken von Kaffee (aus 60 Gramm gebrannten Bohnen) eine Minderung von 20 Procent, bei gleichzeitiger Abnahme der Pulsfrequenz (?). In späteren Versuchen dagegen kam Rabuteau zu so entscheidenden Resultaten nicht. Nach mehrtägiger Einführung von 15 bis 30 cg Caffeïn beobachtete er nämlich Abnahme der täglichen Harnstoffausscheidung von 22 g auf 19·81 und von 21·34 auf 17·26 g. Gleichzeitig nahm die Harnmenge ab. Aehnlich wie Kaffee wirkt Thee. Voit dagegen kam bei Hunden zu negativen Resultaten, und beobachtete keine Verminderung der Harnstoffausscheidung. Auch bezüglich der Wirkung des Thees und Weines sind einzelne Beobachter zu negativen Resultaten gelangt (C. Ph. Falck, J. Lehmann).

Die Angabe, dass Cocablätter, täglich zu 20 bis 30 Gramm genommen, die Inanition (3 Tage) ertragen lassen ohne Hungergefühl und Erschöpfung fand Gazeau an sich bestätigt, zugleich aber Vermehrung der Harnmenge und Harnstoffausscheidung (?), was Sanson einfach auf die diuretische Wirkung der Cocablätter zurückführt. Verminderung der Harnstoffausscheidung beobachtete Hammond endlich in Folge von Tabackrauchen (?).

Einfluss von aussen eingeführter chemischer und arzneilicher Präparate,

Einfluss von aussen dem Organismus zugeführter, chemischer Verbindungen und Arzneistoffe. Gewisse Präparate: Schwefelsäure (Kurtz), Harnstoff, Harnsäure, Cubeben und Canthariden innerlich genommen, sollen eine Vermehrung, Natrium- und Kaliumbicarbonat (Rabuteau und Constant), schwefelsaures Chinin (Borck), Ol. Terebinth. äther., Digitalis eine Verminderung der Harnstoffausscheidung bewirken. Doch sind diese Verhältnisse nur mit Bezug auf die Wirkung des Harnstoffs und der Harnsäure genügend festgestellt und namentlich mit Bezug auf letztere erwiesen, dass sie, dem Organismus des Hundes einverleibt, nahezu völlig in Harnstoff umgewandelt wird (Zabelin).

Eine Verlangsamung des Stoffwechsels und demgemäss Verminderung der Harnstoffausscheidung, bewirken selbst kleine Gaben von arseniger Säure in den Kreislauf gebracht, rascher bei directer Injection ins Blut, langsamer, jedoch nicht minder intensiv, bei der Resorption durchs Darmrohr (C. Schmidt und Stürzwage), Resultate, welche übrigens v. Böck und Kossel bei Versuchen an Hunden nicht bestätigen konnten. Nach den Beobachtungen des Letzteren stieg nach Dosen von 0·03 bis 0·2 g Natriumarsenit die Harnstoffausscheidung bei einem Hunde von 4·7 auf 5 g pr. d., in einem zweiten Versuche nach Dosen von 0·1 bis 0·25 g von 4·4 auf 8·7 g. Auch Gähtgens beobachtete nach grösseren Gaben Arsenik, und ebenso von Brechweinstein vermehrte Harnstoffausscheidung. Vermehrung der Harnstoffaus-

scheidung sahen ferner Voit und Bauer bei einem Hunde eintreten, der bis zu seinem nach acht Tage erfolgenden Tode Phosphor in kleinen Dosen erhalten hatte. Dass bei der Phosphorvergiftung eine an 45 Procent betragende Herabsetzung der Sauerstoffaufnahme stattfindet, hat Bauer nachgewiesen. Aus Versuchen, die Fränkel an Hunden anstellte, würde sich ergeben, dass Beschränkung des Lungengaswechsels, sowie Kohlenoxydvergiftung ebenfalls Vermehrung der Harnstoffausscheidung, mithin grösseren Eiweisszerfall zur Folge habe, was mit dem in der letzten Zeit von Pflüger und Pettenkofer und Voit ausgesprochenen Satze, dass der Sauerstoff nicht directe Ursache des Eiweisszerfalls sei, nicht im Widerspruche steht.

der angestrengten geistigen Arbeit.

Einfluss der angestrengten geistigen Arbeit. Aus seinen an sich selbst und an Gamgee während genau geregelter Diät angestellten Versuchen schliesst Paton, dass geistige Arbeit Zunahme der Harnmenge, der Harnstoffausscheidung und der Ausscheidung der Chloride zur Folge habe, bei geringer Abnahme der Phosphorsäureausscheidung; hält aber dafür, dass diese Wirkung insoferne nur eine indirecte sei, als die geistige Arbeit eben die Intensität der Secretion vermehre.

2. Ausscheidung der Harnsäure.

Harnsäure.

Die im Laufe einer gewissen Zeit mit dem Harn ausgeschiedenen Harnsäuremengen zeigen innerhalb allerdings ziemlich enger Grenzen nicht unbeträchtliche Schwankungen; diese Unregelmässigkeiten werden aber geringer, wenn man statt der täglichen Ausscheidungen mehrtägige vergleicht, so dass man, aus den namentlich von H. Ranke angestellten Beobachtungen den Schluss ziehen darf, dass die Harnsäureausscheidung ziemlich ebenso regelmässig geschieht, wie die anderer Harnbestandtheile.

Der Einfluss verschiedener physiologischer Lebensbedingungen auf das Maass der Harnsäureausscheidung ist aber viel geringer, wie bezüglich des Harnstoffs und anderer Harnbestandtheile.

Momente, von welchen ihre Ausscheidungsgrösse abhängig ist.

Nach den Beobachtungen von Lecanu und H. Ranke ist dieselbe namentlich unabhängig von Alter, Geschlecht, Körpergewicht und Körperlänge, sowie von der Jahreszeit.

Dagegen machen die Tageszeiten insoferne einen Unterschied, als sie mit der Nahrungsaufnahme im Zusammenhange stehen.

Eine Vermehrung der Harnsäureausscheidung giebt sich nach Nahrungsaufnahme zu erkennen, und zwar findet ein bestimmter Rhythmus innerhalb der verschiedenen Tageszeiten in der Weise statt, dass die geringste stündliche Harnsäuremenge in den Vormittagsstunden ausgeschieden wird; nach der Mahlzeit steigt dieselbe und fällt wieder während der Nacht, ohne jedoch das Minimum der Vormittagsstundeu zu erreichen.

Der Einfluss der Nahrungsaufnahme giebt sich auch dadurch zu erkennen, dass sich beim Hungern eine Verminderung der Harnsäure-

ausscheidung einstellt, die der Dauer des Hungerns proportional geht (H. Ranke, O. Schultzen).

Die Art der Nahrung ist zwar bezüglich der Harnsäureausscheidung ebenfalls von Einfluss, jedoch nur von sehr untergeordnetem. In den Versuchen von H. Ranke wurden bei reiner Fleischnahrung täglich im Mittel 0·88 g, bei rein vegetabilischer 0·65 g ausgeschieden. Vermehrung der Harnsäureausscheidung beobachteten Koch und G. Meissner nach dem Genusse sehr fettreicher Nahrung und nach dem Einnehmen von äpfelsaurem Kalk.

Andere Angaben über das Maass der Harnsäureausscheidung, wie Verminderung derselben bei geringer, Vermehrung bei anstrengender Körperbewegung (H. Ranke), bei gehinderter Hautsecretion (Marcet), nach dem Genusse alkoholischer Getränke — ruhen auf zu schwankender unsicherer Grundlage; namentlich bestehen über den Einfluss der Bewegung unvermittelte Widersprüche. So fand Speck die Harnsäure bei Bewegung vermehrt, J. Lehmann dagegen normal. Dasselbe gilt von dem angeblich vollkommenen Verschwinden der Harnsäure nach reichlichem Wassergenusse (Genth), welches wohl nur auf Beobachtungsfehlern beruht.

Einfluss grosser Dosen schwefelsauren Chinins bei Gesunden.

Besondere Beachtung verdient aber, dass H. Ranke bei zahlreichen Versuchen eine constante Verminderung der Harnsäure nach reichlichen Dosen von schwefelsaurem Chinin beobachtete, während dieses Arzneimittel auf die übrigen Harnbestandtheile keinen wesentlichen Einfluss äussert. Die Harnsäureverminderung währt ungefähr 48 Stunden lang und ist gewöhnlich am zweiten Tage nach der Chinindose am bedeutendsten.

Einverleibung von Natriumcarbonat, in Dosen von 3 bis 9 g vermindert anfänglich die Ausscheidung der Harnsäure, zuweilen bis auf Spuren, bei gleichzeitig geringer Harnmenge; bei fortgesetztem Gebrauche aber steigt die Harnsäureausscheidung wieder an (Münch). In vier Fällen fand Seegen nach dem Trinken von Carlsbader Wasser Verminderung der Harnsäureausscheidung.

Verhältniss der Harnstoff- und Harnsäureausscheidung.

Den theoretischen Voraussetzungen zufolge sollte man ein umgekehrtes Verhältniss der Harnstoff- und Harnsäureausscheidung erwarten, ein solches konnte aber H. Ranke bei seinen Versuchen nicht wahrnehmen. Meist fand er zur selben Zeit Harnsäure und Harnstoff vermehrt oder vermindert. Doch hebt er selbst mit Recht hervor, dass der Beweis einer Vermehrung des Harnstoffs auf Kosten der Harnsäure, beim Menschen auch unter den günstigsten Verhältnissen kaum möglich sei, da die täglichen Schwankungen in der Harnstoffausscheidung viel zu bedeutend sind, um eine so geringe Zunahme, wie sie aus der Oxydation von $^1/_2$ g Harnsäure hervorgehen würde, erkennen zu lassen.

3. Ausscheidung der Hippursäure.

Hippursäure.

Die Ausscheidungsgrösse der Hippursäure im menschlichen Harn ist zunächst von den Verhältnissen der Nahrung abhängig.

Eine Vermehrung ihrer Ausscheidungsgrösse findet statt: nach dem Genusse von Benzoësäure, Benzamid, Bittermandelöl, Benzoëäther, Zimmtsäure, nach dem Genusse von Vegetabilien, namentlich nach dem Genusse von Spargelsprösslingen (Hilger), von Früchten (Pflaumen, Reineclaudes, Preisselbeeren, Multebeeren), auch solchen, die nur sehr wenig oder auch gar keine Benzoësäure enthalten; eine Verminderung bis zum vollständigen Verschwinden bei Fleischnahrung (H. Ranke, Duchek).

Bei einem Mädchen, welches in Folge von durch Schwefelsäure bewirkten Stricturen des Oesophagus verhungerte, fand O. Schultzen in dem 16 Tage nach der letzten Nahrungsaufnahme gelassenen Harne von 24 Stunden, 1·16 g Hippursäure, sonach eher eine vermehrte, aber keineswegs eine verminderte Ausscheidung derselben. Dieser Befund ist insoferne wichtig, weil er lehrt, dass die Hippursäure, unabhängig von der Nahrung, aus dem Umsatz der Gewebe entstehen kann.

4. Ausscheidung des Kreatinins.

Kreatinin.

Ueber die Ausscheidungsgrössen dieses Harnbestandtheiles unter verschiedenen normalen und pathologischen Lebensbedingungen, sind von K. B. Hofmann zahlreiche Beobachtungen angestellt. Es ergiebt sich daraus Folgendes:

Einfluss des Geschlechtes und Alters. Bezüglich des Geschlechtes konnte ein bestimmender Einfluss nicht nachgewiesen werden, bezüglich des Alters dagegen fand K. B. Hofmann, dass im Säuglingsharne Kreatinin nicht nachweisbar ist, von der Kindheit an bis zur Pubertät seine Menge zunimmt, sich dann im mittleren Lebensalter auf einer constanten Höhe hält, im Greisenalter aber wieder abnimmt.

Einfluss der Harnmenge. Im Allgemeinen steigt die Menge des Kreatinins mit der Harnmenge, doch stehen die Schwankungen seiner Ausscheidungsgrösse keineswegs immer in geradem Verhältnisse zur Harnmenge.

Einfluss der Körperlänge und der Körpermasse. Ersterer scheint gleich Null zu sein, letzterer aber sich insoferne geltend zu machen, als die Kreatininausscheidung der Masse des Körpers proportional ist (dieser Satz stützt sich nur auf Beobachtungen an zwei Individuen).

Einfluss der Tageszeiten. Das Minimum der Kreatininausscheidung trifft auf den Morgen, das Maximum auf die Stunden nach der Hauptmahlzeit; sie erhält sich auf gewisser Höhe bis Mitternacht und nimmt dann wieder ab.

Einfluss von Ruhe und Bewegung. Hofmann konnte einen ausgesprochenen Einfluss dieser beiden Momente nicht nachweisen.

Einfluss der Nahrung. Sowie beim Harnstoff ist auch beim Kreatinin dieser Einfluss weitaus der bedeutendste, und macht sich in derselben Richtung geltend. Die Kreatininmenge ist am grössten bei Fleischkost, am kleinsten bei rein vegetabilischer Kost, selbst kleiner wie bei vollkommener Abstinenz. Sowie bei letzterer verschwindet aber auch bei vegetabilischer Kost das Kreatinin niemals gänzlich, da ein Theil desselben ganz unabhängig von der Art der Nahrung aus dem Umsatz der Gewebe stammt. Mit diesen Resultaten stehen die von G. Meissner am Hunde erhaltenen grösstentheils in Uebereinstimmung. Die Art der Getränke dagegen scheint einen nur geringen Einfluss auf die Kreatininausscheidung auszuüben; auch Thee und Kaffee äusserten keine ausgesprochene Wirkung.

Das Verhältniss der Kreatinin- zur Harnstoffausscheidung fand Hofmann wie 1 : 50, jenes des Kreatinins zum Chlornatrium wie 1 : 15, endlich das der Harnsäure zum Kreatinin wie 1 : 2.

5. Ausscheidung des Indicans.

Indican.

Dieselbe soll nach den Angaben von Jaffé durch Fleischnahrung vermehrt, durch stickstofffreie Kost bis auf Spuren vermindert werden. Nach an Hunden von Salkowski angestellten Versuchen liefert Fleischnahrung die grösste Indicanmenge, Fütterung mit Leim sehr wenig (da Leim nach Nencki kein Indol liefert). Bei Nahrungsentziehung scheidet das Thier gleichwohl Indican aus, welches jedenfalls aus den Eiweisskörpern stammt, die während des Hungerns verbraucht werden.

6. Ausscheidung des Rhodanwasserstoffs.

Rhodanwasserstoff.

Hierüber liegen nur einige Angaben von Munk und Gscheidlen vor. Nach Ersterem repräsentirt bei gemischter Nahrung die Rhodanwasserstoffsäure mit ihrem Schwefelgehalte etwa $^1/_3$ des ausser den Sulfaten im Harne enthaltenen Schwefels. Nach Letzterem fällt das Maximum ihrer Ausscheidung auf den Nachmittagsharn. Besonders reich daran fand Gscheidlen den Harn von Rauchern.

7. Ausscheidung der gepaarten Schwefelsäuren.

Nach den Versuchen von von den Velden geht die tägliche Schwankung ihrer Ausscheidungsgrösse ziemlich parallel derjenigen der Schwefelsäure (s. unten) und ist von der Nahrungsaufnahme hauptsächlich abhängig. Hungerzustand vermindert dieselbe. Die Abnahme der Sulfonsäuren ist aber eine raschere, wie jene der Sulfate. Vermehrt sind die gepaarten Schwefelsäuren im Harn 1) bei toxischen oder therapeutischen Eingriffen, durch welche der organische Paarling (Phenol, Brenzkatechin, Salicin, Thymol etc.)

in den Organismus gelangte und 2) in Harnen, in welchen durch Störung der Darmfunctionen der Indicangehalt vermehrt ist. Verminderung der Ausscheidung der gepaarten Schwefelsäuren beobachtete von den Velden nur nach der Einnahme von Terpentin und Terpentinöl.

8. Ausscheidung der Oxalsäure.

Oxalsäure.

Erhöhung der Oxalsäureausscheidung kann die Folge von Schwankungen im Gleichgewichte des Stoffwechsels sein, doch konnte Fürbringer kein constantes Verhältniss zwischen reichlicherer Oxalsäureausscheidung und Hemmung der Oxydationsvorgänge im Organismus beobachten. Natriumbicarbonat scheint nach Gallois und Fürbringer die Oxalsäureausscheidung zu vermindern; nach Einführung von Kalkwasser konnte jedoch Fürbringer entgegen den Angaben von Dyce-Duckworth und Leared niemals Vermehrung der Oxalsäure im Harn beobachten. Nach Einführung von Ammoniumnitrat (2 bis 6 g) wurde unter acht Fällen viermal keine Beeinflussung der Oxalsäureausscheidung constatirt, dreimal dagegen war dieselbe entschieden vermehrt.

9. Ausscheidung des Chlornatriums.

Chlornatrium.

Die Ausscheidung des Chlornatriums durch den Harn innerhalb gewisser Zeiträume ist im Ganzen proportional der Zufuhr, jedoch bleibt bei reichlicher Zufuhr im Körper mehr Kochsalz zurück, als bei geringer.

Verhältniss der Ausscheidung zur Zufuhr.

Bei Steigerung der Zufuhr wird im Anfang weniger entleert, als die Zufuhr beträgt und bei geringerer Zufuhr in der ersten Zeit mehr, so lange, bis sich der Körper mit der eingeführten Menge Kochsalz ins Gleichgewicht gesetzt hat.

Dieses, von Voit bei Versuchen an Hunden nachgewiesene Gesetz stimmt mit den genauen, von Kaupp an Menschen angestellten Beobachtungen überein, und erklärt auch hier den scheinbaren Verlust, welchen man in der durch den Harn ausgeschiedenen Menge, gegenüber der in der Nahrung zugeführten constant beobachtete, sowie die noch paradoxere Erfahrung, dass, je geringer die Kochsalzzufuhr ist, desto relativ grösser die Ausfuhr, so dass sogar letztere die erstere übertreffen kann. Der Grund des Ausfalles, insoferne derselbe nicht durch den Koth und durch die Haut gedeckt wird, liegt darin, dass der Körper Kochsalz aufspeichert und erst allmählich wieder ausscheidet. Beachtet man dies, so findet man sämmtliches Kochsalz der Nahrung im Harn und Koth wieder. Wird nämlich Kochsalz ins Blut aufgenommen und braucht der Körper keines davon, oder ist das Blut damit bereits gesättigt, so wird alles wieder ausgeschieden. Ist aber dieser Sättigungspunkt unter gegebenen Verhältnissen noch nicht eingetreten, so wird Salz im Körper zurückbehalten; dasselbe geschieht, wenn vorher weniger Salz als nöthig eingeführt war, wodurch dann bei genügender Zufuhr

in der ersten Zeit für den darbenden Körper in Beschlag genommen wird. Hat sich der Organismus nach reichlichem Salzgenusse damit beladen, so tritt nachher bei minder reichlichem das Umgekehrte ein, der Harn enthält ein Plus von Kochsalz; wird keine oder salzarme Nahrung gereicht, so zeigt sich das Gleiche, da im Körper durch die Organzersetzung mehr Kochsalz überflüssig wird, als die geringe Zufuhr beträgt. Diese Verhältnisse werden durch nachstehende, den Versuchen von Kaupp entlehnte Zahlen erläutert.

Kaupp fand:

Kochsalzzusatz zur Nahrung in g	Im Ganzen täglich aufgenommenes Kochsalz in g	Im Harn täglich entleertes Kochsalz in g	Differenz in g	Abfuhr durch den Harn, die Zufuhr = 100 gesetzt.
30	33·6	27·302	+ 6·30	76
25	28·7	24·059	+ 6·64	79
20	23·9	17·633	+ 6·27	72
15	19·0	17·045	+ 1·95	89
10	14·2	13·573	+ 0·63	96
5	9·3	10·083	— 0·78	106
0	1·5	3·773	— 2·27	246

Als + Differenzen sind diejenigen, wo die Einfuhr, als — aber die, wo die Ausfuhr überwog, bezeichnet.

Beim Hungern.

Beim Hungern nimmt die Kochsalzausscheidung allmählich ab (Weigelin) und kann ganz cessiren (O. Schultzen). Es fallen jedoch bei Abstinenz die Maxima und Minima der Ausscheidung in die gewöhnlichen Zeiten, aber die Schwankungen sind geringer (Weigelin).

In, von Wundt am Menschen angestellten Versuchen, wurde bei einer genügenden, aber vollkommen kochsalzfreien Nahrung (?) bis zum fünften Tage immer Chlornatrium ausgeschieden, seine tägliche Menge nahm aber fortwährend ab, erst rasch, dann langsamer. Vom Abend des dritten Tages an, wurde der Harn eiweisshaltig. Auch O. Schultzen beobachtete bei seinem oben erwähnten verhungernden Mädchen, neben fehlendem Chlor Eiweissharn, mit welchen Befunden auch die von Rosenthal an Hunden angestellten Beobachtungen übereinstimmen.

Sonstige die Ausscheidung beeinflussende Momente.

Bei gleichbleibenden Verhältnissen der Zufuhr, gelten für die Kochsalzausscheidung im Allgemeinen dieselben Regeln, wie für die Harnstoffausscheidung.

Harnmenge, Temperatur, Häufigkeit der Harnentleerungen, Bewegung.

Es tritt demnach eine Vermehrung der Kochsalzausscheidung ein, mit der Harnmenge, mit der Abnahme der Temperatur der Atmosphäre, mit der Häufigkeit der Harnentleerungen. Der Einfluss der Bewegung ist verschieden, je nachdem dadurch Schweiss

hervorgerufen wird oder nicht. Die Beobachtungen von J. Lehmann und Speck gaben übrigens sehr schwankende Resultate.

Tageszeiten.

Der Einfluss der Tageszeiten macht sich in der Weise geltend, dass die Kochsalzausscheidung nach der Mahlzeit, während 7 Stunden wächst, dann bis Morgens 7 Uhr stetig sinkt, von wo ab sie sich wieder zur mittleren Höhe hebt. Die Minima fallen nach den Bestimmungen von Weigelin in die Zeit von 2 bis 4 Uhr Mittags, die Maxima dagegen treffen auf 12 bis 2 Uhr Nachmittags; es steigt aber der Gehalt an Chlornatrium rascher an wie der an Harnstoff. Construirt man aus einer Zahl von Beobachtungen die Curve der Kochsalzschwankung, so sieht man sie ungefähr der des Harnvolumens gleich laufen (Hegar, Voit).

Geschlechtsleben.

Bei Gebärenden beobachtete Winckel Vermehrung der Kochsalzausscheidung, namentlich in der zweiten Geburtsperiode. Die Angabe Paton's, dass geistige Anstrengung Vermehrung der Ausscheidung des Chlornatriums veranlasse, bedarf der Bestätigung. Kleinwächter fand bei Wöchnerinnen die Kochsalzausscheidung normal, mit Zunahme ihres Alters sinke aber dieselbe.

Durch Einverleibung von Kaliumsalzen werden dem Blute bedeutende Mengen von Chlor und Natrium entzogen, welche aber in Folge stattfindender Umsetzung im Blute im Harne als Chlorkalium und Natriumsalze der in den einverleibten Kaliumsalzen vorhanden gewesenen Säuren austreten (G. Bunge). Die Angabe Bunge's, dass Einnahme von Kaliumphosphat eine Steigerung der Natriumausscheidung am folgenden Tage zur Folge habe, konnte Kurtz bei Versuchen an einem Hunde nicht bestätigen.

10. Ausscheidung der Kaliumsalze.

Kaliumsalze.

Hierüber liegen Versuche von A. Dehn vor, welchen zu Folge zunächst durch die Art der Nahrung die Ausscheidungsgrösse beeinflusst wird. Kaliumreiche Nahrung hat Vermehrung der Ausscheidung zur Folge, ebenso Einfuhr von Chlorkalium, und gesteigerte Wasseraufnahme.

11. Ausscheidung der Schwefelsäure.

Schwefelsaure Alkalien.

Die im Harne an Alkalien gebundene Schwefelsäure stammt zum Theil von den schwefelsauren Alkalien der Nahrung, zum anderen und grösseren Theile aber von der Oxydation der schwefelhaltigen Körperbestandtheile: Albuminstoffe, Albuminoide, Gallenstoffe. Es wird jedoch nicht aller Schwefel dieser Bestandtheile durch den thierischen Oxydationsprocess in Schwefelsäure umgesetzt; ein Theil desselben fällt mit den Haaren und Hautschuppen ab, und ein anderer wird in der Gestalt von Taurin durch den Darm ausgeschieden. Die osmotischen Verhältnisse der Darmwände bedingen es, dass ein grosser Theil der in der

Nahrung genossenen schwefelsauren Salze die Darmwand nicht zu durchdringen vermag, und daher gar nicht ins Blut übertritt, und so haben wir die aus dem Blute durch die Nieren ausgeschiedene Schwefelsäure, hauptsächlich als durch Gewebsumsatz entstanden zu betrachten.

Ist dem wirklich so, so muss die Ausscheidung der Schwefelsäure jener des Harnstoffs im Allgemeinen parallel gehen, denn beide haben dann eine und dieselbe Quelle: den Umsatz stickstoffhaltiger Körperbestandtheile.

Die Ausscheidung der schwefelsauren Salze durch den Harn geht der Harnstoffausscheidung parallel.

Dies ist nun nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Bence-Jones, Gruner, Lecanu, Genth, Mosler, Clare, Engelmann u. A. wirklich der Fall. Die Uebereinstimmung ist um so grösser, je mehr sich die Beobachtungszahlen den wahren Mitteln nähern, und wenn man letztere aus dem Harne von mehreren Tagen entwickelt. Einzelne Abweichungen von dem Gesetze sind darin begründet, dass die Endumsetzungen der schwefel- und stickstoffhaltigen Atomgruppen zu Schwefelsäure und Harnstoff nicht immer gleichzeitig erfolgen müssen, da sie mannigfache Zwischenphasen durchlaufen. Es kann daher trotz gleichen Ausgangspunktes, bald die Schwefelsäure und bald der Harnstoff den Vorsprung im Laufe zu den Nieren haben.

Im Allgemeinen tritt eine Vermehrung der Schwefelsäureausscheidung unter allen jenen Bedingungen ein, die eine Harnstoffvermehrung bewirken, auf welche demnach einfach verwiesen werden kann.

Bezüglich der Tageszeiten ist die Ausscheidung einige Stunden nach der Hauptmahlzeit (dieselbe um 1 bis 2 Uhr erfolgend) am stärksten, sinkt in der Nacht und erreicht Vormittags ihr Minimum. Reichliches Wassertrinken wirkt nach Gruner in der Weise, dass in den ersten Stunden darnach die Ausscheidung steigt, dann aber fällt, so dass die stündliche Ausscheidung sogar unter das Minimum der betreffenden Tageszeit sinken kann. Hungern soll in den ersten 24 Stunden die Ausscheidung der Schwefelsäure nicht vermindern.

Ueber den Einfluss körperlicher Bewegung auf die Schwefelsäureausscheidung lauten die Resultate der Versuche widersprechend (J. Lehmann, Speck). Engelmann fand nach körperlicher Anstrengung die Schwefelsäureausscheidung sofort ansteigen, in der darauf folgenden Periode der Ruhe wieder sinken und betrachtet auf Grund seiner (allerdings wenig zahlreichen Versuche) die Schwefelsäureausscheidung als ein richtigeres Maass für den Stoffwechsel und zunächst die Eiweisszersetzung, wie die Harnstoffausscheidung.

Einfluss des Genusses schwefelsaurer Salze und anderer Schwefelverbindungen, der Aetz- und kohlensauren Alkalien,

Eine Vermehrung der Schwefelsäureausscheidung erfolgt ferner nach der Einverleibung von löslichen schwefelsauren Salzen, freier Schwefelsäure, Schwefelkalium, Schwefelantimon, Schwefel; bei der Einverleibung von löslichen schwefelsauren Salzen ist die Vermehrung der Ausscheidung bedeutender, als bei dem Gebrauche anderer schwefelhaltiger Präparate und auch im ersten Falle dann stärker, wenn die Aufenthaltsdauer der Salze im Darmcanal, durch willkürliches

Anhalten des Stuhles, oder durch, die laxirende Wirkung aufhebende Arzneien (Opium u. s. w.) verlängert wird. Nach den Untersuchungen von M. Regensburger nimmt beim Hunde nach Aufnahme von Schwefel nicht nur die Menge der Schwefelsäure, sondern auch die Menge des nicht in Form von Schwefelsäure ausgeschiedenen Schwefels (der gepaarten Schwefelsäuren?) im Harne zu. Grössere (4 bis 8 g) Dosen von 6·7 procentiger Aetzkalilösung, sollen nach Parkes ebenfalls Vermehrung der Schwefelsäureausscheidung zur Folge haben, was Clare aber in Abrede stellt. Thompson beobachtete endlich Vermehrung der Schwefelsäureausscheidung nach innerlichem Gebrauche von kohlensauren Alkalien.

des Geschlechtslebens.

Eine Verminderung der Schwefelsäureausscheidung zeigt sich bei Wöchnerinnen, während bei Gebärenden in der zweiten Geburtsperiode dieselbe vermehrt ist (Winckel).

12. Ausscheidung der an Alkalien gebundenen Phosphorsäure.

Phosphorsaure Alkalien.

Die Ausscheidungsgrösse der phosphorsauren Alkalien ist im Allgemeinen von denselben Momenten abhängig wie die Ausscheidung des Kochsalzes; sie ist demnach vor Allem proportional der Zufuhr, allein nur bis zu einem gewissen Grade deshalb, weil die Steigerung, welche die phosphorsauren Alkalien des Harns durch vermehrte Zufuhr erfahren können, bald darin eine Grenze findet, dass diese Salze stärker abführend wirken.

Ihre Ausscheidung geht annähernd parallel der des Harnstoffs.

Die über die Ausscheidung der phosphorsauren Alkalien durch den Harn angestellten Beobachtungen (C. Schmidt, Genth, Mosler, Winter, Kaupp, Sick, Zülzer, u. A.) führten zu dem Resultate, dass dieselbe im Allgemeinen jener des Harnstoffs parallel geht; diese Regel findet jedoch nur dann ihre Bestätigung, wenn man die Mittelzahlen aus verschiedenen Beobachtungsreihen, von denen jede mehrere Tage umfasst, mit einander vergleichen kann. Das Verhältniss zwischen Phosphorsäure und Stickstoff im Harne ist nach von Zülzer am Hunde angestellten Versuchen ziemlich constant. Bei Fleischfütterung fand er es im Durchschnitt = 100 : 12·8. Fettzusatz zur Nahrung drückte es herab, ebenso Fleischfütterung nach vorhergegangenem Hungern, bedeutend gehoben wurde es durch Fütterung mit Kartoffeln oder mit Brod, und bei Zusatz von Fett zur Kartoffelnahrung. Nach Fütterung mit Gehirnsubstanz hob sich die Phosphorausscheidung um das Doppelte gegenüber jener bei Fleischnahrung. Beim Menschen stellte sich dieses Verhältniss für die 24stündige Harnmenge zu 17 bis 20 Phosphorsäure auf 100 Stickstoff.

In Bezug auf die Ausscheidungsgrösse zu den verschiedenen Tageszeiten lauten die Angaben widersprechend. Die Ausscheidung soll Tag und Nacht gleichmässig vor sich gehen (Kaupp, Sick), sie soll nach der Hauptmahlzeit steigen, wenige Stunden nach derselben ihr Maximum erreichen, und dann durch Nacht und Morgen bis gegen Mit-

tag sinken (Mosler, Vogel, Zülzer), sie soll endlich des Nachts bedeutender sein als des Morgens. Körperliche und geistige Anstrengung soll Vermehrung der Phosphorsäureausscheidung zur Folge haben, ebenso Einverleibung von freier Phosphorsäure (Boecker, J. Lehmann, Hammond, Speck, Engelmann). Engelmann fand unter drei Versuchsreihen nur in zweien die Phosphorsäureausscheidung nach körperlicher Arbeit vermehrt; zum Unterschiede von der Schwefelsäure machte sich aber diese Vermehrung nicht sofort während der Arbeit geltend, sondern trat erst allmählich und nachträglich, im Laufe der auf die körperliche Anstrengung folgenden Nacht, oder wenn die Arbeit bei Nacht geleistet wurde, am darauf folgenden Tage hervor. Eine Verminderung der Ausscheidung der Phosphorsäure bei Schwangeren in den letzten Schwangerschaftsmonaten, glaubt Mosler aus seinen Beobachtungen erschliessen zu dürfen; bei Gebärenden in der zweiten Geburtsperiode ist die Ausscheidung vermehrt, bei Wöchnerinnen vermindert. Kleinwächter beobachtete bei letzteren ebenfalls Verminderung im achttägigen Durchschnitte, an einzelnen Tagen aber Vermehrung. Beim Hungern tritt ebenfalls Verminderung der Phosphorsäureausscheidung ein (O. Schultzen). Die grösste Menge Phosphorsäure im Verhältnissse zum Stickstoff fand Zülzer im Harne von Säuglingen. Ueber den Einfluss höheren Alters lauten die Angaben widersprechend, nach Zülzer soll hier die Ausscheidung der Phosphorsäure vermehrt (?), nach P. Roche vermindert sein.

Zülzer kam endlich durch seine Versuche an Menschen und Thieren zu dem Resultate, dass die Schwankungen in der Phosphorsäureausscheidung der Steigerung und der Herabsetzung des Stoffumsatzes der Nervensubstanz entsprechen. Er beobachtete eine Steigerung derselben nach Anwendung von Morphin, Chloral und Chloroform, eine Verminderung im Excitationsstadium nach Aetherinhalationen, und nach Alkohol. Der Einfluss excitirender und deprimirender Mittel auf die Phosphorsäureausscheidung durch den Harn wurde von Strübing bestätigt.

Grosse Dosen von Milchsäure bewirkten bei von Teissier an Kaninchen angestellten Versuchen eine Vermehrung der Phosphorsäureausscheidung um das achtfache (?). Knochen und Muskeln der Thiere nahmen an Kalkgehalt ab.

13. Ausscheidung der phosphorsauren Erden.

Phosphorsaure Erden; ihre Ausscheidung ist im Allgemeinen der Energie des Stickstoffkreislaufes proportional.

Die Menge der mit dem Harne ausgeschiedenen phosphorsauren Erden, im Allgemeinen gering, wächst nach den vorhandenen Beobachtungen mit der Energie des Stoffwechsels und insbesondere des Stickstoffkreislaufs, verhält sich demnach ähnlich der Schwefelsäureausscheidung. Dieses Resultat entspricht den theoretischen Voraussetzungen, denen zufolge wohl nur jener Antheil der phosphorsauren Erden mit dem Harne ausgeschieden wird, der an stickstoffhaltige Atomcomplexe, sei es der Nahrung, sei es der Gewebe, gebunden war und nach ihrer Oxydation in

Freiheit gesetzt wurde. Nach den Erfahrungen von Sick nehmen, alles Uebrige gleichgesetzt, die phosphorsauren Erden im Harn um ein Geringes ab, wenn die phosphorsauren Alkalien zunehmen. Thompson beobachtete Vermehrung der Erdphosphate nach dem innerlichen Gebrauche von kohlensaurem Alkali.

Eine Verminderung der Ausscheidung der Erdphosphate wurde in den letzten Monaten der Schwangerschaft mehrfach beobachtet (C. G. Lehmann, Donné, Mosler). Auch der Harn kleiner Kinder enthält nach Lehmann's Beobachtungen sehr wenig phosphorsaure Erden.

14. Ausscheidung des Wassers.

Wasser.

Die Ausscheidung des Wassers durch die Nieren wird im Allgemeinen bestimmt durch den Flüssigkeitsrest, welchen man erhält, wenn man von dem Wasser der Getränke und Speisen dasjenige abzieht, welches durch Haut, Lunge und Darm abgeht, wobei angenommen wird, dass Haut, Lunge und Niere zwar gleichzeitig thätig sein können, sich aber in der Ausgabe des gleichen Quellen entnommenen Wassers gegenseitig beschränken; sie ist ferner abhängig von in der Niere selbst liegenden Bedingungen, wahrscheinlich von dem durch die Nerven influirten Zustand der Gefässmuskeln der Niere und von dem Widerstande, den der in die Harncanälchen ergossene Harn beim Abfliessen findet (C. Ludwig). Im Besonderen scheinen für die Wasserausscheidung dieselben Gesetze zu gelten, welche die Kochsalzausscheidung regeln, doch ist wenig Genaues darüber festgestellt.

15. Ausscheidung der freien Säure (Acidität des Harns).

Acidität des Harns.

Nach den Beobachtungen von Klüpfel würde die Acidität des Harns in Folge von körperlicher Anstrengung zunehmen und er glaubt, dass der Harn die im thätigen Muskel gebildete Säure abführe. Sawicki dagegen kam bei einer Reihe nach dieser Richtung angestellter Versuche zu schwankenden Resultaten und ist der Meinung, dass die Menge der durch den Harn ausgeschiedenen Säure mehr von Quantität und Qualität der aufgenommenen Nahrung, als von Ruhe und Arbeit abhänge. Zufuhr von Schwefelsäure bewirkt nach Kurtz (Gähtgens) vermehrte Acidität des Harns, ebenso aber auch Zufuhr von basischem Kaliumphosphat.

Zusammensetzungsänderungen des menschlichen Harns unter abnormen und pathologischen Verhältnissen.

a) Qualitative Veränderungen.

Uebergang heterogener Stoffe in den Harn.

I. Uebergang von aussen dem Organismus zugeführter heterogener Stoffe in den Harn. Von aussen dem Organismus, sei es auf gewöhnlichem Wege, sei es endermatisch,

zugeführte heterogene Stoffe, gehen entweder unverändert als solche in den Harn über, oder erleiden Umwandlungen, in Folge deren ihre dadurch entstandenen Umsetzungsproducte im Harne erscheinen, oder werden endlich weder verändert noch unverändert im Harn wiedergefunden, indem sie entweder mit Körperbestandtheilen unlösliche Verbindungen eingehen und in den Organen zurückgehalten, oder durch den Darm ausgeschieden werden; oder endlich indem ihre Oxydation bis zu den Endproducten fortschreitet und diese durch Haut und Lunge austreten. Viele Stoffe endlich treten nur dann in den Harn über, wenn sie dem Organismus in so grossen Quantitäten dargeboten werden, dass ein Theil derselben, keinen zu seiner Oxydation verfügbaren Sauerstoff mehr im Organismus vorfindet, oder wenn sie durch lange andauernde Einwirkung wenn auch in sehr kleiner Dosis, den Organismus allmählich so sättigen, dass derselbe sich ihrer oft stossweise zu entledigen anfängt (gewisse Metallsalze, Arsenik, Antimon u. a. m.).

Die umfassendsten Untersuchungen über den Uebergang fremder Stoffe in den Harn und zugleich die ersten, wurden von Wöhler und Frerichs angestellt, seither aber wurde dieser Weg auch von anderen Chemikern und Physiologen (Buchheim, Magawly, Piotrowsky, Höppener, Schultzen und Gräbe, Salkowski, v. Nencki, Ziegler, Munck, Baumann und Herter u. m. A.) betreten. Diese Untersuchungen haben, vom ganz allgemeinen Standpunkte aus betrachtet, zu sehr wichtigen Ergebnissen geführt, indem sie den im Thierkörper sich geltend machenden Chemismus vielfach beleuchteten und namentlich für die energisch oxydirende Thätigkeit des Blutes die unzweideutigsten Belege lieferten, Belege, die an Bedeutung gewonnen haben, seit meine über die Einwirkung des Ozons auf organische Verbindungen angestellten Untersuchungen eine merkwürdige Uebereinstimmung in dem Verhalten des Ozons und des Organismus, als oxydirender Factor aufgefasst, ergeben haben.

Unverändert wurden bisher im Harne wieder gefunden:

Stoffe, welche unverändert in den Harn wenigstens theilweise übergehen.

Anorganische Stoffe: Kohlensäure, kohlensaure Alkalien, salpetersaure, schwefelsaure, chlorsaure, borsaure und kieselsaure Alkalien, Chlorkalium und Chlornatrium, Jodkalium und Jodnatrium, Bromkalium und Bromnatrium, Ammoniak und Ammoniaksalze, namentlich auch Salmiak (entgegen den Beobachtungen von v. Knieriem und Salkowski von Feder constatirt), Arsenik, Antimon, Gold, Zinn, Wismuth, Blei, Kupfer- und Quecksilbersalze, Zink, Chrom. Mit Bezug auf die letztgenannten Stoffe: die Metallsalze, ist aber erläuternd zu bemerken, dass sich nur sehr geringe Mengen davon im Harne wiederfinden und zwar nur dann, wenn die betreffenden Metalle dem Organismus entweder in sehr grossen Dosen einverleibt wurden, oder wenn der Organismus durch lange Zeit, wenngleich kleine Mengen derselben aufnahm; ferner ist über die Verbindungsverhältnisse, in welchen diese Stoffe im Harn erscheinen,

wenig festgestellt und daher der unveränderte Uebergang derselben mehr eine Voraussetzung, wie eine bewiesene Thatsache. Bei Hunden will Gähtgens nach Injection von verdünnter Schwefelsäure in den Magen stärker saure Reaction des danach gelassenen Harns, und eine bedeutende Zunahme der ausgeschiedenen Säure beobachtet haben.

Organische Stoffe. Freie organische Säuren: Oxalsäure, Weinsäure (nur zum geringeren Theil, zum grösseren oxydirt), Gallussäure, Camphorsäure, Anisaminsäure, Acetamid, Sebacylsäure, Cumarsäure, Pyrogallussäure, Protocatechusäure, Pikrinsäure, Hippursäure, Guanidin, Dicyandiamidin; sodann: indigosulfonsaures, äthylschwefelsaures, phenolsulfonsaures, benzolsulfonsaures Natrium (letztere beiden bei Hunden und Kaninchen), methyl- und amylschwefelsaures Kalium, trichlormethyldithionsaure Alkalien, xanthogensaures Kalium (zum Theil), Rhodankalium, Kaliumeisencyanür, Chinin, Morphin, Strychnin, Taurin (bei Menschen und Hunden), Tyrosin (beim Hunde), Phtalsäure (beim Hunde), Menaphtoxylsäure (Alphanaphtoësäure), Harnstoff; die meisten Farb- und Riechstoffe: die Pigmente von Krapp, Gummigutt, Rheum, Campechenholz, Rüben und Heidelbeeren, die Riechstoffe von Valeriana, Knoblauch, Asa foetida, Castoreum, Safran und Terpentin; — ferner Traubenzucker, Rohrzucker, Mannit und Alkohol, letztere Stoffe nur dann, wenn sie in sehr grossen Mengen dem Organismus auf gewöhnlichem Wege, oder durch Injection ins Blut einverleibt wurden. Eine erhebliche Ausscheidung von Alkohol durch den Harn wird von Binz auf Grund seiner Versuche überhaupt in Abrede gestellt.

Von den genannten, unverändert in den Harn übergehenden Stoffen werden durch activen Sauerstoff, ohne gleichzeitige Gegenwart von freiem Alkali nicht wesentlich angegriffen: Weinsäure, Citronensäure, Oxalsäure, Hippursäure, Leucin, Harnstoff, Traubenzucker, Rohrzucker und Mannit, während alle diese Stoffe bei Gegenwart von Alkali, mehr oder minder rasch, am schwierigsten Rohrzucker, oxydirt werden (Gorup-Besanez).

Chemisch metamorphosirt erscheinen im Harn wieder:

Chemisch metamorphosirt erscheinen im Harn wieder

Stoffe	Umwandlungsproducte im Harn
Schwefel	Schwefelsäure
Freies Jod	Jodkalium und Jodnatrium
Jodsaures Kalium	Jodkalium
Bromsaures Kalium	Bromkalium
Schwefelkalium	Schwefelsaures Kalium
Cyansaure Alkalien	Kohlensaure Alkalien
Saures schwefligsaures und unterschwefligsaures Natrium	Schwefelsaures Natrium
Salpetrigsaures Alkali	Salpetersaures Alkali
Kaliumeisencyanid	Kaliumeisencyanür
Gerbsäure	Gallussäure
Benzoësäure, Benzamid, Bittermandelöl, Zimmtsäure, Benzoësäure, Chinasäure	Hippursäure
Nitrobenzoësäure	Nitrohippursäure
Chlorbenzoësäure	Chlorhippursäure
Amidobenzoësäure	Amidohippursäure
Anissäure	Anisursäure
Mandelsäure	Hippursäure und eine andere stickstoffhaltige Säure
Salicin	Salicylige Säure, Salicylsäure, Saligenin
Salicylsäure	Salicylursäure
Saligenin	Salicylursäure
Toluylsäure	Tolursäure
Benzol	Phenol und Phenolschwefelsäure
Phenol	Phenolsulfonsäuren und Hippursäure
Kresol	Kresolsulfonsäure
Brenzkatechin	Brenzkatechinsulfonsäuren
Toluol	Hippursäure
Xylol	Tolursäure
Mesitylen	Mesitylensäure
Camphercymol	Cuminsäure (Propylbenzoësäure)
Terpentinöl	Gepaarte Schwefelsäure
Aepfelsäure, Asparagin	Bernsteinsäure
Harnsäure	Kohlensäure, Oxalsäure, Harnstoff
Xanthogensäure	Allantoin
Glycin	Harnstoff
Leucin	Harnstoff
Sarkosin	Substituirter Harnstoff (vgl. S. 262)
Taurin	Schwefelsaure und unterschwefligsaure Salze (bei Kaninchen)
Indol	Indican und Indigroth (?)
Theïn und Theobromin	Harnstoff
Alloxantin, Allantoin	Harnstoff
Kreatin	Kreatinin, Harnstoff
Allylsulfocarbamid (Thiosinnamin)	Rhodanammonium
Amygdalin	Ameisensäure
Indigblau	Indigweiss
Santonin	Rothgelbes Pigment (Chrysophansäure?)
Neutrale pflanzensaure Alkalien	Kohlensaure Alkalien.

Oxybenzoësäure und Paraoxybenzoësäure erscheinen im Harn als ein Körper wieder, welcher durch Kochen mit concentrirter Salzsäure Glycin und Oxybenzoësäure liefert, möglicher Weise eine Verbindung von Oxybenzoësäure mit methylirtem oder äthylirtem Glycin (Maly).

Baumann und Herter fanden, dass die Oxybenzoësäuren im Harne zum Theil ebenfalls als Sulfonsäuren austreten.

Um Missverständnissen zuvorzukommen, sei hier bemerkt, dass diese Angaben keineswegs so zu verstehen sind, als ob die ganze Masse der eingeführten Stoffe, in der Form der Umwandlungsproducte im Harne wieder erschiene; dies ist keineswegs der Fall und ebenso wenig darf man diese Umwandlungsproducte als die einzigen dabei entstehenden betrachten. Die Sache liegt vielmehr einfach so, dass nach dem Genusse obiger Stoffe, nebenstehende Verbindungen im Harne aufgefunden werden, was keineswegs ausschliesst, dass ein Theil derselben, namentlich wenn sie in grösserer Menge einverleibt wurden, unverändert in den Harn übergeht; oder dass nur der geringste Theil derselben, in der Form der erwähnten Umwandlungsproducte, im Harne wieder erscheint, das Uebrige aber andere Umsetzungen erleidet und auf anderen Wegen ausgeschieden wird. Die Ausnahmsfälle, wo die im Organismus stattfindende Metamorphose sich als kein Oxydations- und kein analytischer Process, sondern als Reduction gestaltet: die Umwandlung des jodsauren und bromsauren Kaliums in Jod- und Bromnatrium, der Aepfelsäure und ihres Amides in Bernsteinsäure, des Kaliumferrocyanids in Cyanür und des Indigblaues in Indigweiss sind als Ausnahmen aufzufassen und theoretisch vorläufig noch nicht völlig aufgehellt; auch ist die Reduction des Indigos, obgleich in einzelnen Fällen constatirt, keine constante Erscheinung; endlich ist nachgewiesen, dass nur ein geringer Theil der Aepfelsäure im Harne als Bernsteinsäure wieder erscheint, demnach der grösste Antheil derselben in der That oxydirt wird. Das von Hilger beobachtete Auftreten von Bernsteinsäure im Harne nach Spargelgenuss scheint ein constantes nicht zu sein (v. Longo).

Weder unverändert noch in der Gestalt charakteristischer Umwandlungsproducte, wurden im Harn nachstehende Verbindungen bisher wiedergefunden:

Stoffe, welche im Harn nicht wieder erscheinen.

Campher, Terpen, Harze, Bernsteinsäure, Gallensäuren, Anilin, Phloridzin, Moschus, Aether, Coccusroth, Lackmus, Chlorophyll, und Alkannafarbstoff. Chloral konnte nach Einspritzung in die Venen von Hunden im Harne nicht aufgefunden werden. Dagegen fand sich darin eine neue Säure „Urochloralsäure“ (C. Ph. Falck, Musculus und v. Mering).

Die Schnelligkeit, mit welcher die verschiedenen Stoffe in den Harn übergehen, ist sehr verschieden; gewisse Salze, wie z. B. Jodkalium, lassen sich schon wenige Minuten nach ihrer Einführung im Harne nachweisen. Aber auch bei einem und demselben Individuum ist diese Schnelligkeit bedeutenden Schwankungen unterworfen. Durch gleichzeitige oder kurz vorhergehende Aufnahme von Nahrung wird die Resorption und Aufsaugung verzögert (F. Vogel). Im Allgemeinen erfolgt der Uebergang um so rascher, je löslicher und indifferenter die Verbindung ist.

Pathologische Harnbestandtheile.

II. Unter pathologischen Verhältnissen im Harn auftretende Stoffe. Bei gewissen Gesundheitsstörungen treten im Harne Bestandtheile auf, welche dem normalen gänzlich fehlen; diese Stoffe sind entweder solche, welche in Folge geänderter Transsudationsverhältnisse durch die Nieren austreten, aber im Blute immer enthalten sind, — oder solche, die aus der Gewebsmetamorphose hervorgegangen und in den Geweben selbst gebildet, unter normalen Bedingungen im Blute selbst schon weiter umgesetzt, unter abnormen Verhältnissen aber das Blut unzersetzt durchlaufend, durch die Nieren ausgeschieden werden.

Diese Stoffe sind nachstehende:

Serumalbumin.

Serumalbumin. Die Bedingungen, unter welchen Albumin im Harne auftritt, sind viel zahlreicher als man früher dachte, wo man aus dem Auftreten des Albumins gewisse Krankheitsformen diagnosticiren zu können glaubte. Allgemein ausgedrückt ist das Auftreten von Albumin bedingt: durch Zusammensetzungsänderungen des Blutes, durch Kreislaufstörungen, Zunahme des Blutdrucks und Stauung des Blutstroms in den Nieren, endlich durch Veränderung der Nieren. Constant erscheint es im Harne bei Morbus Brighti, sehr häufig aber auch bei anderen Nierenaffectionen, bei grosser Wässerigkeit des Blutes, daher bei Hydropsien, nach wiederholten Aderlässen, in vielen Fiebern, remittirenden ebensowohl als intermittirenden, auch exanthematischen (Masern, Scharlach, Blattern), bei Krankheiten des Respirations- und Circulationsapparates (Pneumonie, Lungenemphysem, Tuberculose, Herz-, seltener Leberkrankheiten), bei Lähmungszuständen des Rückenmarks, nach Unterdrückung der Milchsecretion, bei Chylurie, vor epileptischen Anfällen (Huppert), nach Apoplexien, vorübergehend nach dem Gebrauche von stark wirkenden harntreibenden Mitteln, nach kalten Bädern (Johnson), nach häufigen Morphininjectionen (Levinstein), nach Diureticis, nach Excessen im Essen, nach leidenschaftlichen Gemüthsaufregungen, ferner nach Einathmen von Arsenwasserstoffgas (J. Vogel) sowie nach starker Chloroformnarcose (Hegar und Kaltenbach). Bei Thieren hat man Albuminurie hervorgerufen: durch Injection von grossen Mengen Wasser, von Hühnereiweisslösungen, von Gallensäuren ins Blut, durch mehrtägiges Ausschliessen des Kochsalzes aus der Nahrung (Wundt), durch Inanition (O. Schultzen), durch Unterbindung der Vena cava oder renalis, durch Verletzung des vierten Hirnventrikels etwas über der Stelle der sogenannten piqûre (Cl. Bernard).

Quantitative Bestimmung.

Quantitative Bestimmung. Dieselbe geschieht entweder durch Coagulation und Wägung in ganz ähnlicher Weise, wie bei der Bestimmung des Albumins des Blutserums (siehe S. 341), oder mittelst des Polarisationsapparates, indem man den klaren Harn in einer Röhre in den Mitscherlich'schen oder Ventzke'-Soleil'schen Apparat einschaltet und die Ablenkung des polarisirten Lichtstrahles bestimmt. Ist a die beobachtete Drehung, so ist p: das Gewicht des die Drehung bewirkenden Albumins in Grammen, für 1 ccm Harn $= \frac{a}{-56 \cdot l}$, in welcher Formel l die Länge des Beobachtungsrohres bedeutet.

Andere Eiweissstoffe.

Globuline. In 31 Fällen von Albuminurie, welche Edlefsen näher prüfte, fand derselbe constant, dass schon durch starkes Verdünnen des Harns mit Wasser eine Trübung eintrat, die durch Einleiten von Kohlensäure meist noch verstärkt wurde, auf Zusatz verdünnter Säuren, oder eines Tropfen Ammoniaks aber wieder verschwand. Edlefsen schliesst hieraus auf die Gegenwart von Paraglobulin im Eiweissharne und sah diese Reactionen um so deutlicher erscheinen, je eiweissreicher der Harn war. Seither ist durch Senator und Petri das relativ keineswegs seltene Vorkommen von Paraglobulin und globulinähnlichen Eiweisskörpern mit Sicherheit nachgewiesen. In den meisten Eiweissharnen scheinen neben Serumalbumin durch Kohlensäure fällbare Eiweisskörper enthalten zu sein. Den stärksten Gehalt an solchen Stoffen zeigte nach den Untersuchungen von Senator der Harn bei amyloider Nierendegeneration, wo er fibrinoplastische Substanz enthält. Nächstdem am reichsten an Paraglobulin war der Harn bei acuter Nephritis. In fünf Fällen von chronischem Blasencatarrh war fibrinoplastische Substanz so reichlich zugegen, dass sie mit Pericardialflüssigkeit eine dicke gallertige Gerinnung gab. Das gleichzeitige Auftreten von fibrinogener und fibrinoplastischer Substanz im Harne bedingt den sogenannten coagulabelen Harn, in welchem sich mehrere Stunden nach der Entleerung mehr oder minder erhebliche Fibrincoagula bilden (Fibrinurie). Fibrinurie ist aber in Europa, wie es scheint, sehr selten (Senator beobachtete einen Fall bei croupöser Affection der Harnorgane), soll aber nach Rayer häufig auf *Isle de France* vorkommen. In einem Falle von Chylurie fand Eggel neben Albumin auch fibrinoplastische Substanz. Fälle, wo die Gerinnung des Harns durch Beimengung von Blut bedingt ist, gehören nicht hierher. Auch ist Fibrinurie nicht zu verwechseln mit gallertigen Ausscheidungen, welche sich durch die Einwirkung im Harne vorkommenden Ammoniumcarbonates auf darin enthaltenen Eiter bilden, was bei Blasencatarrhen öfter vorkommt (J. Vogel).

Pepton.

Pepton. Ein Körper von allen Eigenschaften des Peptons kommt nach den Erfahrungen von Gerhardt im Harne bei tiefeingreifenden Störungen des Stoffwechsels vor, namentlich bei solchen, die mit stark vermehrter Harnstoffausscheidung verbunden sind, oder die auch das Auftreten von Leucin und Tyrosin zur Folge haben. Gerhardt beobachtete diese „Peptonurie“ bei Diphteritis, Typhus, Pneumonie, einmal auch bei Phosphorvergiftung; der Harn gerann durch Kochen nicht, auch Mineralsäuren bewirkten keine Fällung, Alkohol aber gab einen Niederschlag, der in Wasser gelöst, die Reactionen der Peptone mit Salpetersäure (Xanthoproteïnsäurereaction) mit Kupferoxydkali, mit Essigsäure und Blutlaugensalz gab. Auch Senator begegnete peptonähnlichen Körpern bei Nierenkrankheiten und Petri fand in 41 Fällen von Albuminurie Pepton 28 mal. Schon früher beobachtete Pavy, dass aus dem

Harne eines Tuberculösen zeitweise viel eines stickstoffhaltigen Körpers durch Pergamentpapier dialysirte, was für Pepton im Gegensatze zum Albumin spricht. Auch Schultzen und Riess beobachteten bei acuter Phosphorvergiftung peptonähnliche Stoffe im Harn.

Traubenzucker.

Traubenzucker. Obgleich auch in neuester Zeit immer wieder der Versuch gemacht wird, den Nachweis dafür zu führen, dass Zucker ein Normalbestandtheil des Harns sei (Pavy): so ist doch gegen die Stichhaltigkeit der dafür vorgebrachten Gründe, namentlich vom chemischen Standpunkte aus soviel einzuwenden und in der That auch experimentell so viel eingewendet, dass ihnen unbedingte Geltung nicht eingeräumt werden kann. Als constanter Bestandtheil des Harns tritt der Traubenzucker in grösserer Menge überhaupt nur bei einer einzigen eigenthümlichen Krankheit auf: der Harnruhr, Diabetes mellitus; in dieser Krankheit werden, in oft enormen Mengen Harn (bis zu 50 Pfund täglich), grosse Quantitäten Traubenzucker entleert.

Diabetischer Harn.

Der Harn bei Diabetes ist gewöhnlich sehr blass, oft von ins Grünliche ziehender Färbung, von sehr hohem specifischen Gewichte (1·030 bis 1·052) und eigenthümlichem Geruch. Er reagirt, frisch gelassen, selten stark sauer, öfter neutral oder schwach alkalisch, wird aber bald durch Gährung stark sauer, wobei sich Milchsäure, Essigsäure und geringe Mengen anderer flüchtiger Fettsäuren bilden.

In einigen Fällen von Diabetes fand v. Mering im Harn einen linksdrehenden reducirenden Körper, der nach dem Kochen mit verdünnten Säuren gährungsfähig war. Dieselben Körper fanden v. Mering und Musculus im Chloralharn und Levinstein im Harn bei chronischer Morphinvergiftung.

Ob Traubenzucker im Harne Säugender eine constante Erscheinung ist, dürfte zu bezweifeln sein, jedenfalls findet er sich aber darin häufig; seine Menge ist wechselnd. Er nimmt zu bei gestörter Milchsecretion. Auch im Harne säugender Hündinnen wurde Zucker nachgewiesen (Sinéty). Bei anderen Krankheiten ist Zucker im Harne eine seltenere und meist vorübergehende Erscheinung: so bei Gicht und Dyspepsie, bei Unterleibsleiden, bei Intermittens, bei Tetanus rheumaticus, bei Intermittens, nach apoplectischen Anfällen, im Reconvalenscenzstadium der Cholera, bei Morbus Brighti, nach Chloral- und Chloroformnarcose, nach acuter Morphinvergiftung (Levinstein).

Zuckerharnen kann bei Thieren künstlich hervorgerufen werden: durch die Piqûre: einen Stich in die Mittellinie der Medulla oblongata (Cl. Bernard und viele Andere), durch Durchschneidung des Nervus splanchnicus in der Unterleibshöhle, durch Vergiftung mit Curare, wenn das Leben dabei durch künstliche Respiration erhalten wird (Cl. Bernard), nach Milchsäureinjection bei Kaninchen (Goltz), nach dem Genusse von Milch und Milchzucker bei icterisch gemachten Hunden (Golowin), nach

Kohlenoxydvergiftung bei Hunden (Friedberg, Senff), nach Injection von Amylnitrit bei Kaninchen (F. A. Hoffmann), nach Einspritzung von Aether und verdünntem Ammoniak in die Pfortader (Harley), nach Injection von bedeutenden Mengen Traubenzucker ins Blut; es geht aber erst dann der Zucker in den Harn über, wenn er sich im Blute bis zu 0·4 und 0·5 Proc. angehäuft hat (C. G. Lehmann). Die Angabe Ewald's, dass bei Kaninchen und Hunden nach Einverleibung von Nitrobenzol Zucker auftrete, ist durch v. Mering widerlegt. Es wird dabei ebenfalls ein reducirender linksdrehender aber nicht gährungsfähiger Körper gebildet. Es sind im Uebrigen die physiologischen Bedingungen des Uebertritts des Zuckers in die Nieren ebenso wenig definitiv festgestellt, wie jene seiner Bildung im Organismus.

Quantitative Bestimmung des Zuckers im Harn.

Quantitative Bestimmung des Zuckers im Harn. Auch diese kann auf mehrfache Weise vorgenommen werden und zwar 1) durch Gährung. Man lässt eine gewogene Partie Harn mit Bierhefe gähren und bestimmt das Gewicht der dabei entwickelten Kohlensäure, woraus sich dann der Zucker leicht berechnen lässt. 2) Man bestimmt den Zucker mittelst einer titrirten alkalischen Kupferoxydlösung (Fehling'sche Lösung, bestehend aus Kupfervitriol, Seignettesalz und Natronlauge mit Wasser verdünnt), die gewöhnlich so titrirt ist, dass zur Reduction von 10 CC. dieser Kupferlösung gerade 0·05 g Traubenzucker erforderlich sind. 3) Mittelst des Ventzke-Soleil'schen Polarisationsapparates durch das genau an der Scala und dem Nonius des Instrumentes abgelesene Drehungsvermögen, oder mittelst des Mitscherlich'schen Apparates nach der Formel $p = \frac{a}{+ 56 . l}$, worin p das Gewicht des Zuckers in Grammen für 1 ccm Harn, a die beobachtete Drehung, l die Länge des Beobachtungsrohres und + 56 die specifische Drehung bedeutet.

Milchzucker.

Milchzucker wurde im Harne einer Wöchnerin bei Milchstauung von Fr. Hofmeister nachgewiesen (Lactosurie). Nach seinen Versuchen gehen auch nach Einführung grosser Quantitäten Milchzucker geringe Mengen von Zucker (Milchzucker?) in den Harn über.

Inosit.

Inosit, wurde im Harne bei Morbus Brighti und Albuminurie überhaupt, nach dem Gebrauche von Drasticis im Stadium der Urämie, bei Diabetes mellitus, in zwei Fällen von Carcinom, dann im Harne eines Cholerareconvalescenten gefunden. In einem Falle von Diabetes trat der Inosit allmählich an die Stelle des ursprünglich vorhandenen Zuckers (Inositurie). Külz beobachtete nach reichlicher Zufuhr von Wasser (6 bis $10^1/_2$ Liter) das Auftreten von Inosit im Harne Gesunder (Menge: 0·42 bis 0·91 g).

Aceton und Aethyldiacetsäure.

Aceton und Aethyldiacetsäure. In dem Harne eines an schwerem Diabetes leidenden Patienten fand Rupstein Aceton und Alkohol. Gerhardt hob zuerst hervor, dass ein diabetischer Harn, in welchem

Aceton enthalten ist, mit Eisenchlorid eine tiefbraune Färbung gebe, vollkommen gleich jener, die eine von Geuther durch Einwirkung von Natrium auf Essigäther neben anderen Producten erhaltene Säure: Aethyldiacetsäure bei gleicher Behandlung liefert, von der es bekannt ist, dass sie beim Kochen ihrer wässerigen Lösung in Aceton, Kohlensäure und Alkohol zerfällt. Der von Rupstein untersuchte Harn gab frisch gelassen, mit Eisenchlorid sofort tiefbraune Färbung, welche auf Salzsäurezusatz und durch Kochen verschwand (Verhalten der Aethyldiacetsäure), zeigte aber nicht den geringsten Acetongeruch. Wurde er aber ½ Stunde lang gekocht, so entwickelte sich sofort Acetongeruch, und die Eisenchloridreaction blieb aus. Rupstein schloss daraus, dass der von ihm untersuchte Harn primär Aethyldiacetsäure enthalten habe und in der That gelang es ihm, durch Schütteln einer grösseren Parthie des Harns mit Essigsäure und Aether, die freigewordene Säure in den Aether überzuführen, und in der ätherischen Lösung durch eine ätherische Eisenchloridlösung nachzuweisen. Gleichzeitig constatirte er die Gegenwart des Alkohols neben Aceton in den Harndestillaten. Die Bildung des Acetons erfolgte daher wahrscheinlich nach der Formelgleichung:

$$C_6H_9NaO_3 + 2\,H_2O = C_3H_6O + C_2H_6O + CO_3NaH$$

Aethyldiacetsaures Natrium; Aceton; Alkohol; Natriumbicarbonat

Alcapton, möglicher Weise identisch mit Brenzkatechin (vergl. S. 303), beobachtete Fürbringer in dem Harne einer an Pneumothorax Leidenden.

Milchsäure.

Milchsäure und milchsaure Salze. Nach C. G. Lehmann soll Milchsäure (welche von den isomeren Milchsäuren ist nicht angegeben) bei gehemmter Oxydation im Blute, demnach bei Störungen der Respiration, der Verdauung und Ernährung im Harne vorkommen. Im Harne rhachitischer Kinder habe ich Milchsäure nachgewiesen und im Harne bei Leukämie wurde sie von W. Körner und Jacubasch neben Xanthin oder Hypoxanthin, oder einem Gemenge von beiden beobachtet. In allen diesen Fällen bleibt es ungewiss, mit welcher Milchsäure man es zu thun hatte; dagegen findet sich im Harne von Menschen und Thieren nach Phosphorvergiftung unzweifelhaft und wie es scheint constant, Fleischmilchsäure (Schultzen) und wurde diese Säure auch im Harne bei acuter Leberatrophie, Osteomalacie (Moers und Munk) und bei Trichinose nachgewiesen (Simon u. Wibel).

Fett und flüchtige Fettsäuren.

Fett und flüchtige Fettsäuren. Fett findet sich im Harne sehr selten. Am häufigsten noch erscheint es bei fettiger Entartung der Nieren, die entweder für sich auftritt, oder mit Schrumpfung des Organs verbunden, eine der verschiedenen Formen des Morbus Brighti darstellt; Fett kann ferner im Harne auftreten bei fettiger Degeneration der Epithelialzellen der Harnleiter und der Harnblase, endlich bei übermässigem Fettgehalte des Blutes. Doch sind auch mehrere Fälle von Urina

chylosa verzeichnet, bei denen eine Ursache nicht ermittelt werden konnte. In einem Falle von Urina chylosa, der wie die meisten beobachteten aus den Tropen stammte, enthielt der von Eggel untersuchte Harn, beim Stehen eine rahmartige Schicht absetzend, als Ursache des milchigen Ansehens ausserordentlich feine Molecüle in grosser Menge, welche aus Fett, Cholesterin und Lecithin bestanden. In einem anderen von Thierry-Mieg beobachteten Falle fand Homolle ein gelbes butterartiges Fett, welches durch einen Eiweisskörper emulgirt war. Ueber einen Fall von intermittirender Chylurie berichtete Oehme. Von flüchtigen Säuren ist im Harne zuweilen Buttersäure, unter nicht genügend aufgehellten Bedingungen gefunden. Der bereits vergohrene diabetische Harn enthält Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure.

Gallen-pigmente.

Gallenpigmente. In sehr seltenen Fällen scheinen Spuren von Gallenpigment im Harne ganz gesunder Personen vorkommen zu können, namentlich in der heissen Jahreszeit (Scherer); in grösserer Menge und constant tritt jedoch der Gallenfarbstoff im Harn nur bei Icterus auf.

Gallen-säuren.

Gallensaure Salze. Dieselben kommen im icterischen Harne in sehr geringer Menge vor. In einem Harne nach Phosphorvergiftung fand Hilger viel Gallensäuren und Gallenpigmente.

Abnorme Harn-pigmente.

Abnorme Harnpigmente. Von diesen, die bereits Seite 271 näher beschrieben wurden, sind vorzugsweise die blauen zu erwähnen. Eine Beziehung des Auftretens dieser Pigmente zu gewissen Krankheitsprocessen ist mit Sicherheit nicht nachgewiesen.

Bestimmung des Harn-farbstoffs.

Zu pathologischen Zwecken hat, um die Menge und färbende Kraft der gewöhnlichen, auf chemischem Wege nicht bestimmbaren Harnpigmente abschätzen zu können, J. Vogel eine Methode ersonnen, die auf einer Farbenscala und darauf fusst, dass die Verdünnungen bestimmt werden, welche tiefer gefärbte Harne erfahren müssen, um auf den Normalfarbenton gebracht zu werden.

Allantoin.

Allantoin. Ueber das Vorkommen dieses Körpers im menschlichen Harne liegen keine sicheren Angaben vor. Prout will es im Harn eines todtgeborenen Kindes gefunden haben; Frerichs und Städeler fanden zweifelhafte Spuren davon im Harne eines Mannes, der Chlor eingeathmet hatte. Auch will man es im menschlichen Harne nach Gerbsäuregebrauch gefunden haben. Bei Hunden unter Bedingungen der gestörten Respiration, wurde Allantoin von den letztgenannten Forschern mit Sicherheit nachgewiesen.

Alloxan.

Alloxan. Der Harn eines Herzkranken gab nach den Beobachtungen von G. Lang bei raschem Uebergange in die alkalische Harngährung ein reichlich purpurrothes Sediment und zeigte ein Verhalten, aus welchem Lang schliesst, dass dieser Harn Alloxan enthalten habe. Mit voller Sicherheit wurde jedoch dieser Nachweis nicht geführt.

Leucin und Tyrosin.

Leucin und Tyrosin wurden im Harne bei acuter gelber Leberatrophie, bei Typhus, Variola und im Harn eines Epileptischen nach Rückenmarksverletzung aufgefunden (Frerichs und Städeler, Schmeisser, Valentiner). Das Auftreten dieser Stoffe im Harne bei Leberatrophie hängt zusammen mit ihrer, unter diesen pathologischen Bedingungen erfolgenden Anhäufung in der Leber, ist aber nach meinen Erfahrungen kein constantes.

Cystin.

Cystin ist ein seltener Bestandtheil von Harnsteinen und Harnsedimenten, muss also demnach auch im Harne gelöst vorkommen. Toel, der Fälle von cystinhaltigem Harne bei mehreren Gliedern einer Familie beobachtete, fand den Harn schleimig, sehr rasch sedimentirend, aber von saurer Reaction. In einem, von Bartels und Panum beobachteten Falle war der Cystinurie Albuminurie vorhergegangen. Das Allgemeinbefinden war wenig gestört. Muskelanstrengungen, Gemüthsbewegungen, Nachtwachen sowie Fieber schienen die Ausscheidung zu steigern, die Diät war ohne Einfluss. Der Morgenharn enthielt stets die grösste Menge Cystin. Der Harn verhielt sich im Uebrigen normal. Diese Cystinurie wurde durch fünf Jahre beobachtet. In einem von Marowsky beschriebenen Falle von Cystinausscheidung bestand ein völliges Darniederlegen der Gallenbereitung mit Schwund der Leber. In einem jüngst von Niemann studirten Falle von Cystinurie war ein Verhältniss zwischen Schwefelsäureausscheidung und Cystinausscheidung in dem Sinne nachzuweisen, dass einer vermehrten Schwefelsäureausscheidung auch eine vermehrte Cystinausscheidung entsprach. Die täglich excernirte Cystinmenge schwankte zwischen 0·42 bis 0·59 g. In dem von Cystinsedimenten abfiltrirten Harne liessen sich stets noch erhebliche Mengen von Cystin nachweisen. Bei einem von Löbisch untersuchten Falle betrug die mittlere tägliche Ausscheidung 0·393 g. Der Harn reagirte auch in diesem Falle stets sauer, während die Reaction in dem von Niemann beschriebenen neutral war. So wie die Bildung des Cystins überhaupt noch in Dunkel gehüllt ist, so ist auch eine Beziehung dieses Körpers zu bestimmten Krankheitsprocessen nicht nachgewiesen.

Taurin.

Taurin soll zuweilen im icterischen Harne vorkommen und würde dann seinen Ursprung aus einer Zersetzung der Taurocholsäure im Blute ableiten.

Oxymandelsäure.

Oxymandelsäure. Ueber das Vorkommen dieser noch ungenügend studirten Säure im Harne bei acuter Leberatrophie vergl. S. 311.

Hämoglobin.

Hämoglobin. Zuweilen ist der Harn blutig gefärbt, oder rothbraun, braunschwarz, ja dintenschwarz, ohne dass durch die mikroskopische Untersuchung die Formelemente des Blutes darin nachgewiesen werden können. Kocht man aber solchen Urin für sich oder unter vorsichtigem Zusatze von ein paar Tropfen Essigsäure, so bildet sich ein braunrothes Gerinnsel, welches an schwefelsäurehaltigen Alkohol Hämatin abgiebt; es ist also Hämoglobin darin aufgelöst. Dieser Fall tritt

bisweilen ein in Krankheiten, die mit einer sogenannten Blutdissolution einhergehen: beim Scorbut, bei putriden, typhösen Fiebern, bei perniciösen Wechselfiebern, nach dem Einathmen von Arsenwasserstoffgas (J. Vogel). In einem von Secchi beobachteten Falle erfolgte bei einem achtjährigen Knaben, anfangs alle 8 bis 14 Tage, später alle 6 Wochen ein Fieberanfall mit nachfolgendem profusen Schweisse, wobei der vorher normale Harn, bei vollständigem Fehlen von rothen Blutkörperchen, blutig (hämoglobinhaltig) entleert wurde.

Ein endemisches Auftreten von Hämaturie wurde am Cap der guten Hoffnung beobachtet (J. Harley). Das Leiden ergriff vorzugsweise Knaben im Alter von 2 bis 3 Jahren. In den entleerten Faserstoffgerinnseln fand J. Harley Distomeneier und Embryonen von *Distoma Hämatobium*.

Kohlensaures Ammonium.

Ammoniumcarbonat findet sich immer im Harne, wenn derselbe in die alkalische Gährung übergegangen ist und entsteht aus der dabei stattfindenden Umsetzung des Harnstoffs; zuweilen aber wird ein bereits Ammoniumcarbonat führender Harn gelassen, namentlich dann, wenn diese Umsetzung in Folge von Blasencatarrh u. s. w. bereits in der Blase selbst erfolgt.

Mucin.

Mucin findet sich nach Reissner und Petri bei acut fieberhaften Krankheiten neben Albumin häufig im Harne.

Schwefelwasserstoff.

Schwefelwasserstoff wurde von Chevallier, Höfle und Heller im Harne bei Tuberculosis und Variola, von Lambl im Harne bei Blasenkrebs, von mir bei einem Falle von Blasenvereiterung aufgefunden. Seine Bildung setzt offenbar die Zersetzung eines schwefelhaltigen Körpers im Harne oder der Blase voraus, was aber dieser Körper ist, ist unbekannt. Dass bei Vermengung des Harns mit Blut und Eiter, die Bestandtheile der letztgenannten Flüssigkeiten im Harn überhaupt vorkommen müssen, ist klar und bedarf daher keiner näheren Auseinandersetzung. Fr. Betz beobachtete in dem Harne eines 79jährigen Mannes durch längere Zeit freies Schwefelwasserstoffgas, welches wie die Section zeigte, aus dem ampullenartig erweiterten mit Koth angefüllten Rectum in die durch Prostatahypertrophie an vollständiger Entleerung gehinderte Blase diffundirt sein musste.

Unterschweflige Säure.

Unterschweflige Säure fand Strümpell im Harne eines Typhuskranken, welche wahrscheinlich als Alkalisalz darin enthalten war.

Chromogen.

Ein Chromogen im Harne von Kranken mit melanotischen Carcinomen beobachteten Ganghofner und Přibram. Dasselbe geht durch oxydirende Agentien, so wie beim Stehen an der Luft in einen schwarzen Farbstoff über, der in seinen Reactionen von dem Melanin abweichen soll.

Alkalische Reaction des Harns.

Alkalische Reaction des Harns. Normaler Harn reagirt sauer, wenn derselbe aber alkalisch gelassen wird, so ist der Grund davon entweder das auf die so eben geschilderte Weise erzeugte Ammo-

niak, oder die Beschaffenheit des Blutes. So wird der Urin nach der Einführung von kaustischen, kohlensauren und pflanzensauren Alkalien in den Organismus alkalisch; ähnlich wirken vegetabilische Nahrungsmittel. In diesen Fällen ist die alkalische Reaction des Harn durch fixe kohlensaure Alkalien bedingt, allein es ist bemerkenswerth, dass die in den Harn übergehenden kohlensauren Alkalien, sehr rasch zersetzend auf den Harnstoff wirken, und daher neben den fixen kohlensauren Alkalien, sehr bald auch kohlensaures Ammonium auftritt. Das Alkalischwerden des Harns nach dem Gebrauche warmer Bäder wurde bereits weiter oben erwähnt. Möglicherweise kann endlich die alkalische Reaction des Harns auch Folge eines perversen Stoffwechsels sein, wobei weniger Säure in den Harn übertritt. Schon weiter oben wurde darauf hingewiesen, dass der Harn in Folge von Säureentziehung durch abnorme Secretion der Magenschleimhaut bei Magenkranken und Erbrechen alkalisch werden kann (Quincke). In einem von Stein beobachteten Falle von Dilatatio ventriculi mit häufigem Erbrechen wurde der Harn ebenfalls alkalisch; nach dem Aufhören des Erbrechens nahm aber die alkalische Reaction ab und ging in saure über. Alkalischwerden des Harns beobachtete Caulet nach dem Gebrauche kalkreicher Mineralwasser. Die Erfahrung lehrt endlich, dass alkalische Reaction des Harns vorzugsweise auftritt: bei Blennorrhöen und Pyorrhöen der Harnwege, bei Anämie, Chlorose und Schwächezuständen des Muskel- und Nervensystems überhaupt.

Ob alkalische Reaction des Harns von kohlensaurem Ammonium, oder von fixen kohlensauren oder von basisch-phosphorsauren Alkalien herrührt, erkennt man leicht. In ersterem Falle wird in den Harn getauchtes geröthetes Lackmuspapier blau, die Bläuung verschwindet aber beim Trocknen des Papiers wieder, in letzterem Falle verschwindet die Bläuung nicht.

Harnsedimente.

Harnsedimente. Unter Harnsedimenten versteht man ungelöste Stoffe im Harne, welche anfänglich meist in demselben suspendirt, nach kürzerer oder längerer Zeit sich absetzen und einen Niederschlag bilden. Einige Harnsedimente bilden sich erst, nachdem der Harn bereits gelassen ist, andere dagegen entstehen schon innerhalb der Harnorgane. Aus letzteren können unter begünstigenden Verhältnissen Harnsteine sich bilden.

Der Grund des Auftretens von Sedimenten ist unter allen Umständen der, dass entweder im Harne ursprünglich aufgelöste Stoffe, bei gewissen Veranlassungen ihre Löslichkeit einbüssen und daher herausfallen, oder dass sich dem Harne innerhalb der Harnwege, gewisse aus diesen stammende und im Harne mehr oder weniger unlösliche Stoffe beimengen und mit demselben ausgeschieden werden. Erstere sind anormale oder normale Harnbestandtheile, letztere fremdartige, meist organisirte Beimengungen.

Wir haben bereits S. 563 die in Harnsedimenten bisher nachgewiesenen Stoffe aufgezählt, und geben hier nur die vom chemischen Standpunkte zu ihrer Charakteristik nöthigen Erläuterungen.

Freie Harnsäure.

1. Sedimente von freier Harnsäure. Dieselben kommen sehr häufig vor, namentlich bei acuten fieberhaften Krankheiten, doch zeigen sie sich auch zuweilen bei völlig normalem Zustande des Organismus. Im frisch entleerten Harne kommen, ausser etwa bei Lithiasis, niemals aus freier Harnsäure bestehende Sedimente vor, nach längerem Stehen aber scheidet jeder Harn Harnsäurekrystalle aus. Die Harnsäuresedimente setzen keineswegs eine abnorme Vermehrung der Harnsäure voraus; nach den Untersuchungen von C. Voit und Hofmann sind sie unter allen Umständen durch die Einwirkung des sauren Natriumphosphates des Harns auf die harnsauren Alkalien desselben veranlasst; die Ausfällung der Harnsäure aus den letzteren erfolgt um so eher, je mehr saures Natriumphosphat der Harn enthält, oder je concentrirter der Harn ist. Geschieht diese Fällung schon in den Harnwegen: der Niere und der Blase, so kann sie zu Nierenblasensteinen oder Harngries Veranlassung geben. Eine rasche Einwirkung des sauren Natriumphosphates bewirkt die amorphen Sedimente von sauren harnsauren Salzen (s. unten), eine langsamere scheidet die freie Harnsäure in Krystallen ab (Voit).

Harn, der Harnsäuresedimente absetzt, ist gewöhnlich von gesättigter Färbung und reagirt meist stark sauer. Das Sediment selbst ist niemals farblos, bisweilen wohl blass, gemeinhin aber von hochgelber, orangerother Farbe und von sandigem, meist schon mit freiem Auge krystallinischem Ansehen. Erkannt wird es unter dem Mikroskope leicht durch seine Krystallform, chemisch durch sein Verhalten gegen Salpetersäure, von harnsauren Salzen unterschieden durch Krystallform, Unlöslichkeit in heissem Wasser und Harn, und Verhalten in der Hitze.

Mikroskopische Charaktere.

Unter dem Mikroskope zeigen sich bei der Untersuchung derartiger Sedimente platte Tafeln von rhombischem Habitus, die, gewöhnlich braun- bis goldgelb gefärbt, immer aber ausserordentlich durchsichtig und von verschiedener, zuweilen bedeutender Grösse sind (Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. XVII, Fig. 1 und 6 und Taf. VII, Fig. 1 und 3; ausserordentlich schön und treu sind die Abbildungen der Harnsäure bei Robin und Verdeil: Pl. XI, Fig. 1 und 2, Pl. XII, Pl. XIII, Fig. 1 und 2). Bisweilen erscheint der Rhombus in der Weise modificirt, dass die stumpfen Winkel abgerundet sind und dadurch spindelförmige Gestalten entstehen (Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. VII, Fig. 1 und Robin u. Verdeil: Pl. XI, Fig. 1 a, b, c, d, e); seltener sind Formen, die fassförmigen kurzen Cylindern gleichen (Robin und Verdeil: Pl. IX, Fig. 2 e), sowie eigenthümliche rosettenähnliche Krystalldrüsen, die, wie man sich durch Drücken und Verschieben des Deckblättchens überzeugen kann, ebenfalls aus rhombischen Tafeln von verschiedener Grösse bestehen, die auf ihren Kanten liegen und gegen einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt convergiren (Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. VII, Fig. 3, Taf. XVII, Fig. 3, Robin und Verdeil: Pl. XI, Fig. 2 k, Pl. XIII, Fig. 1 f, g, h). Vgl. bezüglich der mikroskopischen Formen auch: Ueltzmann und Hofmann, Atlas der

normalen und path. Harnsedimente. Wien 1871. Selten aber ist freie Harnsäure in pathologischen Sedimenten allein vorhanden. Meist ist sie mit Sedimenten von harnsauren Salzen gemengt.

Harnsaure Salze.

2. Sedimente von harnsauren Salzen. Dieselben bestehen vorwiegend aus harnsaurem Natrium und Kalium, enthalten aber gewöhnlich noch harnsaures Ammonium; zuweilen auch freie Harnsäure und Calciumoxalat. Auch diese Sedimente sind sehr häufig, namentlich bei fieberhaften Krankheiten und stellen die den Aerzten seit langer Zeit bekannten Fiebersedimente dar; bilden sich aber auch unter innerhalb der physiologischen Breitegrade liegenden Bedingungen. Die Theorie ihrer Bildung fällt nach Voit mit jener der eigentlichen Harnsäuresedimente zusammen, und hat schon Bartels darauf hingewiesen, dass derartige Sedimente sich gerne in einem Harne bilden, der viel weniger harnsaure Salze enthält, wie nicht sedimentirender; auch tritt das Sediment meist viel später auf als zu jener Zeit, wo sich die Temperatur des Harns mit der Lufttemperatur ins Gleichgewicht gesetzt hat; es kann daher auch die Abkühlung des Harns nicht immer Ursache der Sedimentbildung sein.

Sedimente von harnsauren Salzen bilden sich ebenfalls meist in stark saurem Harne; die Farbe solcher Sedimente und des Harns ist sehr wechselnd. Der Harn ist bald blassgelb, bald gesättigt hochgelb, röthlich, braunroth, die Farbe des Sedimentes grauweiss, weiss, rosaroth, ziegelroth, braunroth bis kupferroth. Diese Sedimente sehen oft Schleim, Eiter oder Blut täuschend ähnlich und lassen sich durch das blosse Ansehen davon nicht unterscheiden. Erkannt werden sie durch ihre mikroskopischen Charaktere, chemisch durch ihre Löslichkeit in dem gelinde erwärmten Harne, ihr Verhalten gegen Salpetersäure und Ammoniak und ihr Verhalten in der Hitze.

Mikroskopische Charaktere.

Unter dem Mikroskop erscheinen die Sedimente aus harnsauren Salzen gewöhnlich als vollkommen amorph scheinende feinkörnige Molecüle, oder das harnsaure Natrium (nur unter gewissen Bedingungen) in Form von Kugeln, die mit stachelartig aufsitzenden, kleinen feinen Prismen besetzt sind (Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. XVIII, Fig. 1 und 2, Taf. VII, Fig. 5 und Robin und Verdeil: Atlas, Pl. XVII, Fig. 3 a, b, d, e, vergl. auch Ueltzmann und Hofmann: Atlas der normalen und pathologischen Harnsedimente). Die Kugelhaufen verwandeln sich zuweilen in kurze hexagonale Prismen oder dicke Tafeln, Salzsäure löst Alles, bald aber erscheinen die Krystalle der Harnsäure.

Beim Erhitzen und Verkohlen hinterlassen derartige Sedimente einen weissen anschmelzenden Rückstand, der, mit Wasser befeuchtet, rothes Lackmuspapier bläut und mit Säuren aufbraust. Auf dem Platindraht giebt er vor dem Löthrohr Natronreaction.

Oxalsaures Calcium.

3. Sedimente aus Calciumoxalat finden sich in saurem, neutralem und in alkalischem Harne; nicht selten, ja sogar meistens, mit Harnsäure und harnsauren Salzen gemengt. Krystalle von Calciumoxalat im Harne sind übrigens keineswegs eine pathologische Erschei-

nung, sondern zeigen sich auch bei Gesunden sehr häufig, namentlich im Verdauungsharn und nach dem Genusse vegetabilischer Nahrungsmittel, von Sauerampfer, von kohlensäurereichen Getränken, sowie nach den Angaben von Leared und Dyce Duckworth nach der Einverleibung von Kalkwasser, was aber von Fürbringer nicht bestätigt werden konnte. Wenn sie im Harn an und für sich nicht nachzuweisen sind, so gelingt es oft, sie aufzufinden, wenn man Harn ausfrieren lässt und die rückständige Mutterlauge untersucht (Lehmann), oder wenn man den Harn in einem hohen und engen Glase 24 Stunden stehen lässt und dann die unterste Schicht untersucht. Reichlicheres Auftreten von Calciumoxalat ist bei den Aerzten unter dem Namen Oxalurie bekannt, ist aber keineswegs von diagnostischer Bedeutung für gewisse Krankheitsformen, sondern kann sich bei Gesunden und bei allen Krankheiten und zu allen ihren Perioden zeigen (Gallois). Indessen stellt sich Oxalurie bei einigen Krankheiten häufiger ein als bei anderen, namentlich bei Dyspepsie, Spermatorrhoe und Rückenmarksleiden. Der Harn bei Oxalurie ist meist dunkel gefärbt, besitzt einen an Reseda oder Hagebutten erinnernden Geruch, der besonders beim Erwärmen hervortritt, und ist reich an Harnsäure und Harnstoff.

Die Bildungsweisen der Sedimente von Calciumoxalat sind noch nicht vollkommen aufgeklärt. Auf welche Weise die Oxalsäure sich im thierischen Organismus bilden kann, wurde S. 300 erörtert. Wodurch aber Calciumoxalat im Harne gelöst erhalten wird und unter welchen Bedingungen die Ausscheidung erfolgt, ist noch nicht mit voller Bestimmtheit dargethan. Schunck glaubt die Bildung dieser Sedimente auf das von ihm im normalen Harne aufgefundene oxalursaure Ammonium zurückführen zu dürfen, welches bekanntlich durch Säuren und Alkalien sehr leicht in Harnstoff und Oxalsäure zerfällt. Die so frei gewordene Oxalsäure verbinde sich sofort mit dem Kalk des Harns und scheide sich als Calciumoxalatsediment aus. Schunck nimmt es auch als möglich an, dass die Zersetzung schon in der Blase beginnen könne, welche Annahme die aus Calciumoxalat bestehenden Maulbeersteine in der That unabweisbar machen. Neubauer dagegen ist mit Schultzen der Meinung, dass das im Harne präexistirende Calciumoxalat darin durch saures Natriumphosphat gelöst erhalten werde, und in dem Maasse seine Löslichkeit einbüssen müsse, in welchem die saure Reaction des Harns in Folge der Wechselzersetzung zwischen saurem Natriumphosphat und Uraten (Voit) abnimmt. Nach absichtlichem Zusatze von oxalursaurem Ammonium zu Harn sah Neubauer während dessen Zersetzung niemals Calciumoxalat sich abscheiden, so lange der Harn sauer blieb; begann die Zersetzung des Harnstoffs, so zersetzte sich auch das oxalursaure Ammonium, aber in Ammoniumcarbonat.

Obgleich sich das Calciumoxalat häufig erst im entleerten Harne, vielleicht in Folge der Harngährung ausscheidet, so erfolgt seine Aus-

scheidung doch auch schon zuweilen in den Nieren und der Blase und giebt dann unter begünstigenden Verhältnissen, zur Bildung von Harnsteinen und Nierensteinen Veranlassung.

Erkannt wird das Calciumoxalat am einfachsten durch das Mikroskop, durch seine äusserst charakteristische Krystallform und seine mikroskopischen Reactionen.

Mikroskopische Charaktere.

Unter dem Mikroskope erscheint es in Gestalt kleiner zierlicher, glänzender, vollkommen durchsichtiger, das Licht stark brechender, scharfkantiger Quadratoctaëder, die mit Briefcouverten Aehnlichkeit zeigen (Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. XVII, Fig. 2, Taf. II, Fig. 1; Robin und Verdeil: Atlas, Pl. VI, Fig. 2 und 3, vergl. auch Ueltzmann und Hofmann: Atlas etc.). Der Neigungswinkel des Octaëders beträgt 119⁰ 34′.

Die Krystalle sind unlöslich in kaltem und warmem Wasser, in erwärmtem Harne, in Essigsäure und Ammoniak, löslich dagegen in stärkeren Mineralsäuren. Zum Glühen erhitzt, verwandeln sie sich ohne Schwärzung in Calciumcarbonat.

Hippursäure.

4. Sedimente von Hippursäure sind sehr selten; sie finden sich bei Gesunden nach dem reichlichen Genusse von Obst, nach dem Einnehmen von Benzoësäure, Zimmtsäure u. s. w. (vgl. S. 600), und bei verschiedenen Krankheiten, ohne dass sich eine Beziehung solcher Sedimente zu gewissen Krankheitsformen bisher ergeben hätte (J. Vogel). Ihre Bildung scheint von einer Vermehrung der Hippursäure und im Uebrigen von denselben Bedingungen abhängig zu sein, wie die Bildung von Sedimenten aus freier Harnsäure bestehend.

Mikroskopische Charaktere.

Unter dem Mikroskop erscheinen sie als rhombische Prismen oder nadelförmige Krystalle (Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. VIII, Fig. 3). Bisweilen besteht ein Sediment aus einer Mischung von Hippursäure- und Harnsäurekrystallen, oder es sitzen grösseren Harnsäurekrystallen nadelförmige Krystalle wie Spiesse auf. Eine genauere chemische Prüfung erscheint hier übrigens immer nöthig (J. Vogel).

Cystin.

5. Sedimente von Cystin sind ebenfalls sehr selten. Was die Verhältnisse des Vorkommens des Cystins im Harn überhaupt anbelangt, so verweisen wir auf das darüber S. 258 und 608 Gesagte. Aus den Beobachtungen von Fabre und von Bartels scheint hervorzugehen, dass das Auftreten des Cystins von persönlichen Verhältnissen, Klima und Lebensweise unabhängig ist. Merkwürdig ist sein Vorkommen bei mehreren Gliedern einer und derselben Familie (Marcet, Prout, Lenoir, Civiale, Toel). Gewöhnlich sind Cystinsedimente mit phosphorsauren Erden gemengt (Fabre).

Mikroskopische Charaktere.

Cystinsedimente werden am leichtesten durch das Mikroskop erkannt. Das Cystin erscheint dann in Gestalt farbloser, durchsichtiger, sechsseitiger Tafeln (Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. III, Fig. 6; Robin und Verdeil: Atlas, Pl. XXXIII).

Doch genügt die mikroskopische Untersuchung zum sicheren Nachweise nicht, und man muss sich auch auf chemischem Wege davon überzeugen, dass man es mit Cystin zu thun hat (Löslichkeit in Mineralsäuren und Alkalien, Verhalten gegen Bleioxyd in kalischer Lösung siehe S. 258).

Tyrosin.

6. Sedimente von Tyrosin wurden von Frerichs und Städeler, namentlich bei acuter Leberatrophie beobachtet.

Bezüglich der mikroskopischen Charaktere des Tyrosins vergl. Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. IV, Fig. 3. Bezüglich des chemischen Verhaltens und der übrigen Beziehungen S. 227.

7. Ein für Xanthin gehaltenes Sediment wurde von Bence-Jones beobachtet, scheint aber eher aus Hypoxanthin bestanden zu haben.

8. Sedimente, Cholesterin enthaltend, wurden von Murchison und von Roberts beobachtet. In dem erstgenannten Falle handelte es sich um ein Individuum, welches viele Jahre bereits Eiter mit dem Harn entleert hatte, und zwar in Folge von Cystenentartung der Nieren. In dem Falle von Roberts um gleichzeitige Hämaturie. Im Sedimente fanden sich Blutkörperchen in grosser Anzahl, feine granulirte Körnchen, und Fettbläschen. Die Ursache der Hämaturie war nicht zu ermitteln. Später war das Blut im Harn bis auf eine Spur verschwunden, Cholesterin und Fett aber noch vorhanden. Nach den Angaben von Beale enthalten die Fetttröpfchen, welche man in Sedimenten bei chronischem Morbus Brighti so häufig sieht, Cholesterin aufgelöst.

Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia.

9. Sedimente von Ammonium-Magnesiumphosphat finden sich im Harn constant, wenn derselbe in Folge der Zersetzung des Harnstoffs in Kohlensäure und Ammoniak, alkalisch geworden ist; zuweilen aber finden sie sich schon im frisch gelassenen Harne, namentlich bei Blasen- und Rückenmarksleiden, bei Diabetes. Solcher Harn reagirt entweder alkalisch oder neutral, doch hat man auch schon Krystalle von Ammonium-Magnesiumphosphat in schwach saurem Harne beobachtet.

Mikroskopische Charaktere.

Die Krystallform dieses Doppelsalzes ist so charakteristisch und die Krystalle sind von so ausgezeichneter Schönheit, dass derartige Sedimente durch die mikroskopische Untersuchung sofort erkannt werden. Gute Abbildungen s. bei Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. XVII, Fig. 5, Taf. XVIII. Die am häufigsten vorkommenden Gestalten sind Combinationen des rhombischen verticalen Prismas, die mit Sargdeckeln grosse Aehnlichkeit haben.

Die Krystalle sind in heissem Wasser unlöslich, verschwinden aber leicht auf Zusatz von Essigsäure. — Glüht man ein aus Ammonium-Magnesiumphosphat bestehendes Sediment, so entweicht Ammoniak und es bleibt ein Rückstand, der in Essigsäure ohne Aufbrausen löslich ist;

aus der Lösung wird durch Ammoniak ein krystallinischer Niederschlag gefällt.

Phosphorsaures Calcium.

10. Sedimente von Calciumphosphat. Diese Sedimente kommen selten allein für sich vor, sondern sind meist mit Ammonium-Magnesiumphosphat gemengt. Die Bedingungen der Bildung derartiger Sedimente sind dieselben, wie sie für die Sedimente von letzterem Doppelsalze gelten.

Mikroskopische Charaktere.

Unter dem Mikroskop erscheint das Calciumphosphat entweder in Gestalt eines krystallinische Textur verrathenden, stark lichtbrechenden dunkeln Pulvers, oder in wirklichen Krystallen, die nach der Beschreibung von Hill-Hassal, kugelige Drüsen mit ihren breiten oder spitzen Enden zusammenstossender, sehr schmaler, sechsseitiger, schräger Pyramiden, oder sich kreuzende lanzettförmige Blätter darstellen.

Im frischen Harne kommen nach den Erfahrungen von Hill-Hassal Kalkphosphatkrystalle viel häufiger vor, als Sedimente von Ammonium-Magnesiumphosphat. Solcher Harn ist gewöhnlich blass, von schwach saurer Reaction und wird leicht alkalisch. Manchmal scheiden sich die Krystalle schon in der Blase ab, meist aber erst nach der Entleerung. Bedingungen dieser Sedimente sind grosser Kalkgehalt des Harns und schwach saure Reaction (Roberts, Bence-Jones).

In Wasser ist das Calciumphosphat unlöslich, löst sich aber in Säuren auf, und wird durch Alkalien aus diesen Lösungen amorph gefällt.

Magnesiumphosphat.

11. Sedimente von Magnesiumphosphat beobachtete C. Stein in einem Falle von Dilatatio ventriculi. Der stark alkalische Harn war bei der Entleerung klar, setzte aber bald neben amorphen Massen und Tripelphosphat weisse, stark lichtbrechende rhombische Tafeln von Magnesiumphosphat ab: $2\,PO_4\overset{II}{Mg}_3$. Das Magnesiumphosphat ist löslicher wie Ammonium-Magnesiumphosphat, und kann sich daher nur aus concentrirten Lösungen abscheiden.

Mikroskopische Charaktere.

Die von Stein beschriebenen Krystalle zeigten bei der mikroskopischen Untersuchung einige Aehnlichkeit mit Cholesterinkrystallen, wie sie bei Robin und Verdeil: Atlas, Taf. VI, Fig. 1 bis 3 und bei Funke: Atlas, Taf. XXXIV und XXXV, abgebildet sind. Es waren meist längliche Tafeln mit schief aufgesetzter Endkante; an vielen war die spitzere Ecke durch eine neue Linie abgestumpft. Nur vereinzelt fanden sich Zwillingskrystalle.

Organisirte Materien.

12. Sedimente aus organisirten Materien. Es gehören hierher Sedimente von Schleim, Eiter, Blut und Faserstoffcoagula, Samenfäden, ferner Pilze und Infusorien.

Die Bedeutung dieser Beimengungen des Harns ist eine ausschliesslich physiologisch-pathologische, die Chemie hat damit ebenso wenig zu schaffen, wie mit ihrer Ausmittelung, die durch die mikroskopische Untersuchung geschieht, aber Kenntnisse in der Histiologie voraussetzt. Wir

beschränken uns daher hier auf einige Bemerkungen und Hinweisung auf gute Abbildungen.

Besteht das Sediment aus organisirten Gebilden, so können dieselben sein:

a. Pflaster- und Cylinderepithelium. Vgl. die Handb. und Atl. der Physiologie und Histologie. b. Schleim- und Eiterkörperchen. Vgl. Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. XVII, Fig. 5. c. Schlauchförmige oder cylindrische Körper, entweder Epithelialcylinder der Bellinischen Röhrchen, deren kernhaltige Zellen agglomerirt und durch eine feinkörnige Masse sichtbar sind, vgl. Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. XVI, Fig. 4, 5, 6, oder Exsudatpfröpfe aus den Bellinischen Röhrchen. Vgl. Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. XVI, Fig. 6, oder endlich sehr durchsichtige hyaline Schläuche, hohlen Cylindern gleichend, durch Kali unter Zurücklassung einer feinen granulösen Masse verschwindend. Vgl. Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. XVI, Fig. 5. d. Spermatozoiden. Vgl. die Handb. u. Atl. der Histiologie und Physiologie. e. Blutkörperchen. Vgl. Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. XI, Fig. 1 u. f. f. Pilze: Gewöhnlich nur in bereits alkalisch gewordenem zersetzten Harne. Vgl. Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. XVIII, Fig. 6, namentlich Sarcina vertriculi Goodsir. Sehr selten. Die charakteristische Form lässt nicht leicht eine Verwechselung zu. Vgl. Funke: Atlas, 2te Aufl. Taf. XIV, Fig. 4. g. Faserstoffschollen und Klumpen sehr selten und dann meist in grösseren Massen vorhanden.

b) Quantitative Veränderungen.

Quantitative Zusammensetzung des Harns in Krankheiten.

Aenderungen in den Gewichtsverhältnissen der mit dem Harn austretenden Stoffe, finden bereits unter physiologischen Verhältnissen in so ausgedehntem Maasse statt, dass es von vornherein einleuchten muss, dass auch bei Krankheiten solche eintreten werden. Allein auch bei der Beobachtung richtiger Principien, ist es ungemein schwierig, den Einfluss, welchen die auch während der Krankheit noch geltenden physiologischen Bedingungen auf die Ausscheidungsverhältnisse ausüben, von demjenigen zu unterscheiden und zu sichten, der von dem Krankheitsprocesse selbst ausgeübt wird. Um ein Beispiel zu wählen: die Ausscheidung gewisser Harnbestandtheile geht proportional der Zufuhr, nimmt demnach ab bei Nahrungsmangel; da nun bei Krankheiten das Nahrungsbedürfniss auf ein Minimum herabgedrückt zu sein pflegt und auch durch therapeutische Rücksichten die Nahrung beschränkt wird, so werden hier Bedingungen gegeben sein, die an und für sich eine Verminderung gewisser Ausscheidungen zur Folge haben. Aehnlich verhält es sich mit anderen Einflüssen.

Wir folgen in Nachstehendem im Allgemeinen den Angaben J. Vogel's, wie er dieselben im zweiten Theile der Anleitung zur qualitativen und quantitativen Analyse des Harns von Neubauer und Vogel niedergelegt hat; ausserdem den Beobachtungen

anderer zuverlässiger Beobachter. Im Allgemeinen aber müssen wir hervorheben, dass im Verlaufe einer und derselben Krankheit, in den verschiedenen Stadien derselben, sehr bedeutende Schwankungen vorkommen können, so dass man allgemeine Aussprüche hier möglichst vermeiden muss, um nicht den wirklich thatsächlichen Verhältnissen geradezu zu widersprechen.

Harnmenge.

Harnmenge. Dieselbe ist vermindert: bei allen acuten fieberhaften Krankheiten, als eine ganz constante Erscheinung und fast immer durch eine Verminderung der Wasserausscheidung durch die Nieren bedingt. Auch gegen das tödtliche Ende von Krankheiten überhaupt, sinkt häufig die Urinmenge; doch ist diese Erscheinung keineswegs constant. Bei Wassersuchten ist die Verminderung der Urinmenge Ursache, oder Folge der hydropischen Ergüsse. Sie ist weiterhin vermindert bei Cholera, Typhus, bei Manie während des Anfalls und bei Melancholie. Vermehrt ist sie bei Diabetes mellitus und insipidus.

Harnstoff.

Harnstoff. Die Ausscheidung desselben ist vermehrt: bei acuten fieberhaften Krankheiten, hier nicht selten um das Doppelte und schon vor der Temperatursteigerung beginnend (Senator), ansteigend bis zur Acme, dann abnehmend und in der Reconvalescenz zur Norm zurückkehrend, bei der Cholera während der Diurese, und bei der Azoturie von Willis, einer sonst wenig scharf charakterisirten Krankheit, bei welcher der Harn ohne vorgängige Concentration auf Zusatz von Salpetersäure zu einem Krystallbrei von salpetersaurem Harnstoff erstarrt, indem der Harnstoff nicht selten bis um das Sechsfache vermehrt ist (Bostock). Eine momentane Vermehrung der Harnstoffausscheidung kann auch die Folge von vermehrter Harnsecretion sein. Die Angabe von Parrot und Robin, dass bei Neugeborenen mit Atrophie und Dyspepsie der Harnstoff vermehrt sein soll, erscheint einigermaassen bedenklich. Die Ausscheidung ist vermindert: bei Urämie, in chronischen Krankheiten, bei Diabetes mellitus und insipidus, bei Hydropisien, Morbus Brighti und Morbus Addisonii, Leukämie, Icterus nach Phosphorvergiftung, bei Lebercirrhose, überhaupt bei chronischen Leberaffectionen, in dem Maasse, als dabei ein erheblicher Theil der Lebersubstanz zerstört wird, Manie und Melancholie. Die Verminderung kann, ausser einer Verlangsamung des Stoffwechsels, von einer Zurückhaltung des Harnstoffs im Körper (bei Urämie und Hydrops) abhängen. Bei chronischen Krankheiten sinkt die Harnstoffausscheidung am tiefsten, wenn verminderter Stoffwechsel mit verminderter Energie der Nierenthätigkeit zusammenfallen. Wenn endlich bei Hydrops, durch Diuretica oder spontan gesteigerte Thätigkeit der Nieren, eine reichliche Harnabsonderung erfolgt, so findet eine bedeutende Vermehrung der Harnstoffausscheidung statt, indem neben dem augenblicklich producirten, auch der im Körper angesammelte Vorrath

ausgeschieden wird. Der Angabe, dass bei Diabetes mellitus die Harnstoffausscheidung vermindert sei, wird von Brouardel widersprochen, der sie constant vermehrt fand.

Nach bedeutenderen operativen Eingriffen in den Organismus, sinkt unmittelbar darauf die Harnstoffausscheidung unter das gewöhnliche Maass; vom zweiten Tage an aber nimmt dieselbe wieder zu und zwar in Folge vermehrter Energie des Stoffwechsels, wie sich dies aus gleichzeitig erhöhter Körpertemperatur und Verlust an Körpergewicht zu erkennen giebt. Diese Erscheinung findet auch ohne Gegenwart von Fieber statt (W. Müller).

Die Harnstoffausscheidung bei Wechselfiebern steht in einer bestimmten Beziehung zur Temperatur. Während der Apyrexie ist die stündliche Harnstoffmenge unter der Norm; während des Froststadiums steigt sie bedeutend und erreicht im Beginne des Hitzestadiums ihr Maximum, dann fällt sie wieder mit der Temperatur. Aehnlich verhält sich die Chlorausscheidung. Diese Sätze gelten aber nur für die absoluten ausgeschiedenen Mengen, nicht aber für die relativen (Sidney Ringer). Einen Einfluss des Fiebers überhaupt auf die Harnstoffausscheidung bei den verschiedensten Krankheiten glaubt H. Huppert aus den vorhandenen Daten erschliessen zu dürfen und zwar in dem Sinne, dass mit der Höhe des Fiebers und der Temperatursteigerung auch die Harnstoffausscheidung ansteige und umgekehrt.

Harnsäure.

Harnsäure. Die Harnsäureausscheidung ist vermehrt: bei acuten fieberhaften Krankheiten bis zur Acme, bei Pneumonie und Rheumatismus acutus und bei Leukämie. Vermindert ist sie: bei Diabetes, bei chronischer Arthritis, bei Cystinurie (Niemann), und bei Morb. Addisonii.

Eine absolute Vermehrung der Harnsäure und eine Veränderung des normalen Verhältnisses zwischen Harnstoff und Harnsäure zu Gunsten letzterer, tritt bei fieberhaften Krankheiten dann ein, wenn dieselben mit erheblichen Störungen des Athmungsprocesses verbunden sind (Typhus, Bronchitis capillaris, Pericarditis, Tuberculose, Kohlenoxydvergiftung etc. Bartels). Zwischen der Grösse der Harnsäureausscheidung im Frost- und Hitzestadium der Wechselfieber findet kein Unterschied statt. Einige Stunden nach dem Paroxysmus wird ein harnsäurereicherer Harn ausgeschieden, als während des Paroxysmus selbst. Wenn die Anfälle überhaupt cessirt haben, findet gewöhnlich an einem der nächsten Tage eine bedeutende Vermehrung der Harnsäureausscheidung statt (H. Ranke). Im Diabetes mellitus fehlt zuweilen die Harnsäure im Harne ganz (H. Ranke). Der Zusammenhang zwischen Harnsäureausscheidung einerseits und Verdauung und Milzanschwellung anderseits, die Harnsäurevermehrung in der lienalen Leukämie (die aber Bartels durchaus nicht constatirt fand), im Intermittens, das reichliche Vorkommen der Harnsäure im Milzsafte und endlich die milzabschwellende und harnsäure-

vermindernde Wirkung des Chinins werden dafür geltend gemacht, dass eine Hauptbildungsstätte der Harnsäure die Milz sei (H. Ranke).

Kreatinin.

Kreatinin. Die Ausscheidung des Kreatinins ist nach den Beobachtungen von K. B. Hofmann vermehrt: bei stark fieberhaften Krankheiten, Pneumonie und Typhus; vermindert: bei Schwächezuständen, Herzfehlern, Morbus Brighti, Diabetes, mit welchen Angaben jedoch frühere Beobachtungen mehrfach im Widerspruche stehen. So konnte namentlich bei Diabetes Senator eine Verminderung der Kreatininausscheidung durchaus nicht constatiren, ebenso wenig aber eine Vermehrung. Eine sehr bedeutende Verminderung des Kreatinins im Harne bei Diabetes bis zum gänzlichen Fehlen wurde hingegen von Winogradoff, Stopczansky und Gähtgens übereinstimmend constatirt.

Oxalsäure.

Oxalsäure. Eine Vermehrung der Oxalsäureausscheidung bis zu 5 dg für 24 Stunden beobachtete Schultzen bei catarrhalischem Icterus. Bei Sedimenten von Calciumoxalat dagegen ist die Oxalsäureausscheidung zuweilen durchaus nicht vermehrt.

Indican.

Indican. Nach den Erfahrungen von Wyss wird mit dem ersten nach einem Choleraanfall gelassenen Harne eine ausserordentlich grosse Menge von Indican ausgeschieden. Krankheitsprocesse, welche eine Unwegsamkeit des Dünndarms herbeiführen, bewirken, ebenso wie eitrige Peritonitis, Vermehrung des Indicans, nicht aber Dickdarmcatarrh; Fieber an sich ist ohne Einfluss auf die Indicanausscheidung (Jaffé). Nach den ausführlichen Untersuchungen von Senator ist die Indicanausscheidung viel häufiger bei chronischen Krankheiten vermehrt wie bei acuten, am häufigsten lässt sich Indicanvermehrung bei Consumptions- und Inanitionszuständen wahrnehmen. Von acuten Krankheiten ist es vorzugsweise die diffuse Peritonitis, welche die Indicanausscheidung ausserordentlich vermehrt, von chronischen Krankheiten sind vorzugsweise Carcinoma ventriculi und Lymphome zu nennen, die enorme Steigerung der Indicanausscheidung zur Folge haben. Uebereinstimmend mit Salkowski fand endlich Senator, dass eine Vermehrung der Indicanausscheidung von vermehrter Ausscheidung von Phenolschwefelsäure begleitet ist, wie auch damit Vermehrung der Kalkausscheidung sehr häufig zusammenfällt.

Urobilin.

Urobilin. Die Ausscheidung desselben soll bei acuten fieberhaften Krankheiten vermehrt sein.

Chloride.

Chloride. Die Ausscheidung der Chloride ist vermehrt: bei Prurigo (Brüff), bei Hydropisien (zuweilen enorm), bei Wechselfiebern an den Fiebertagen und während des Paroxysmus; vermindert: bei Wechselfiebern an den fieberfreien Tagen und während der Apyrexie, bei fieberhaften Krankheiten bis zur Acme, bei Rheumatismus acutus, bei Manie und Melancholie, bei Morbus Addisonii

ausserordentlich vermindert bis zum Verschwinden: bei acutem Hydrops, acutem Morbus Brighti, acuter Tuberculose und vor Allem bei Pneumonie, sodann bei Cholera und Typhus. Die beträchtliche Abnahme der Chlorausscheidung, bis zum völligen Verschwinden, in acuten Krankheiten, namentlich aber in exsudativen Entzündungsprocessen ist zum Theil allerdings durch das gänzliche Darniederliegen der Esslust bedingt, zum Theil aber auch durch andere Ausscheidungen (Diarrhöen, seröse Transsudate); ob eine chlorvermindernde Thätigkeit der Nieren dabei ebenfalls im Spiele ist, muss dahingestellt bleiben. Bei allen acuten Krankheiten zeigt eine stetige Abnahme der Chloride eine Zunahme, und eine stetige Zunahme derselben eine Abnahme der Krankheit an. In den höchsten Stadien der Pneumonie ist das Chlor im Harne häufig nicht nachweisbar. Bei Hydrops wird mit der Diurese eine reichliche Menge Chloride entleert, die Ausscheidung derselben erreicht zuweilen eine enorme Höhe. (Vogel erzählt einen Fall, wo per Tag 55 g Chlornatrium ausgeschieden wurden.) Bei Diabetes insipidus treten zuweilen ähnliche Erscheinungen ein.

Sulfate und Phosphate.

Sulfate und Phosphate. Ueber die Ausscheidung von Sulfaten und Phosphaten in Krankheiten, sind die Ergebnisse der angestellten Untersuchungen wenig bestimmt. Es dürfte kaum zu bezweifeln sein, dass die Ausscheidungsverhältnisse der schwefelsauren Alkalien und der phosphorsauren Erden denen des Harnstoffs bis zu einem gewissen Grade parallel gehen. Nach Versuchen von Fürbringer wird die absulute Tagesausscheidung der Sulfate durch Fieber erhöht. Vermindert ist sie bei Morbus Addisonii, und nach Addison's Beobachtungen erscheint die durchschnittliche geringe Menge der ausgeschiedenen Phosphorsäure als pathognomonisch für die maniakalische Aufregung; nach beendigtem Anfalle steigt die Phosphorsäuremenge wieder rasch an. Dasselbe gilt von den übrigen in der Manie ausgeschiedenen Harnbestandtheilen. Nach den sehr zahlreichen Beobachtungen von Mendel scheiden Geisteskranke überhaupt, besonders aber Tobsüchtige absolut und relativ weniger Phosphorsäure durch den Harn aus, wie Gesunde. Nach den Untersuchungen von Teissier ist die Phosphorsäureausscheidung vermehrt bei Lungenphtise und bei Functionsstörungen des Nervensystems, vermindert bei Chlorose und Morbus Brighti.

Ueber die Kalkausscheidung, insbesondere des Kalkphosphates liegen Untersuchungen von Beneke und von Senator vor. Nach Ersterem nimmt die Ausscheidung der Erdphosphate in fieberhaften Krankheiten fast ausnahmslos beträchtlich ab, in fieberfreien Krankheiten dagegen zu. Die erheblichste Vermehrung fand Beneke bei scrophulösen Kindern, bei Phtisikern, bei andauernden Eiterungen, bei wuchernden Carcinomen, bei Gemüthskrankheiten mit Depression. Auch Senator beobachtete vermehrte Ausscheidung von Calciumphosphat bei Lungenschwindsucht, bei Rhachitis der Kinder und Scrophulose, in allen diesen Fällen neben vermehrter Indicanausscheidung.

Nach den Bestimmungen von C. A. Ewald geht bei fieberhaften Krankheiten während des Fieberanfalls die Harnstoffvermehrung einer Vermehrung der Kohlensäure des Harns parallel. Beide Ausscheidungen wären im Fieber immer gleichzeitig vermehrt, im fieberlosen Zustande vermindert. Die Zunahme beider sei aber nicht proportional.

Als Anhang zu den pathologischen Verhältnissen des Harns finden hier die passendste Stelle die

Harnsteine.

Harnsteine.

Unter diesem Namen begreift man alle Concretionen, welche sich aus dem Harne bilden, gleichgültig in welchem Theile des Harnapparates sie entstehen; ihre gewöhnliche Bildungsstätte sind die Nieren und die Harnblase und demgemäss unterscheidet man Nierensteine und Blasensteine. Die Harnsteine, welche sich in den Harnleitern und der Harnröhre finden, sind gewöhnlich nicht dort gebildet, sondern stammen aus Nieren und Blase.

Bestandtheile derartiger Concretionen können alle jene Stoffe sein, die im Harne Sedimente bilden und ihre Entstehung beruht wohl immer auf bereits innerhalb der Harnorgane sich ausscheidenden Sedimenten, welche durch ein Bindemittel, am häufigsten Schleim, zusammenkleben und dann durch Juxtaposition wachsen, indem neue Sedimente sich bilden.

Alles, was von der Bildungsweise der verschiedenen Harnsedimente angeführt wurde, gilt daher auch für die Harnsteine und wir verweisen daher einfach darauf, ohne uns hier in weitere Erörterungen über die Bildung der Harnsteine einzulassen.

Arten derselben.

1. Harnsteine, grösstentheils oder ganz aus Harnsäure bestehend, sind die häufigsten. Solche Steine sind meist hart, von rothbrauner, braungelber, selten weisser Farbe; ihre Oberfläche ist glatt oder warzig, der Bruch krystallinisch oder erdig. Der Durchschnitt zeigt dünne concentrische Schichten. Sie enthalten immer kleine Mengen anderer Bestandtheile, zuweilen einen aus verhärtetem Schleim bestehenden Kern und erreichen zuweilen eine bedeutende Grösse.

2. Harnsteine, nur aus harnsaurem Ammonium bestehend, sind selten, gewöhnlich sind es Gemenge von harnsaurem Ammonium mit freier Harnsäure und anderen harnsauren Salzen. Sie kommen meist bei Kindern vor. In ihren physikalischen Charakteren kommen sie mit den eigentlichen Harnsäuresteinen überein.

3. Harnsaure Salze mit feuerbeständiger Basis, sind bisher nur als Beimengungen von Steinen aus Harnsäure gefunden worden. Sie lassen sich von der freien Harnsäure durch kochendes Wasser trennen.

4. Steine aus oxalsaurem Calcium sind häufig. Sie sind gewöhnlich rund, meist aber mit einer Menge von Warzen besetzt (Maulbeer-

steine), dunkel, bräunlich gefärbt und ziemlich gross, zuweilen aber kleiner, blässer und glatt: Hanfsamensteine.

5. Steine aus phosphorsauren Erden. Diese Steine haben eine weissliche Farbe, sind erdig, kreidig, bisweilen porös, zuweilen geschichtet und schalig.

6. Steine aus Xanthin sind sehr selten; ein von Wöhler untersuchter Stein war an der Oberfläche von hellbrauner, stellenweise von weisslicher Farbe, auf dem Bruche matt, bestand aus concentrischen Schichten, bekam durch Reiben Wachsglanz und hatte ungefähr dieselbe Härte wie die harnsauren Steine. Ein von Lebon untersuchter Stein bestand aussen aus einer Schicht von Calciumphosphat und Ammonium-Magnesiumphosphat, einer zweiten Schicht von Calciumoxalat und aus Xanthin mit etwas Uraten gemengt. Die das Xanthin enthaltende innere Masse war amorph, braun und nahm Wachsglanz an.

7. Steine aus Cystin sind ebenfalls selten. Sie haben eine gelbliche Farbe, eine glatte Oberfläche, auf dem Bruche ein krystallinisches Aussehen.

8. Harnsteine aus indifferenten organischen Materien sind bisher sehr selten beobachtet. Sie entstehen entweder aus Blasenschleim, oder noch häufiger aus Coagulis von Blut und Eiweisskörpern, die sich in den Nierenbecken oder der Blase ansammeln und dort weitere Veränderungen erfahren.

9. Zusammengesetzte Harnsteine. Sie enthalten gleichzeitig mehrere Bestandtheile, neben den im Vorhergehenden genannten auch noch kleine Mengen von Calciumcarbonat, Magnesiumcarbonat und Kieselerde. Man hat von derartigen zusammengesetzten Steinen bisher beobachtet:

a) Steine aus Harnsäure und harnsauren Salzen;

b) Steine aus Harnsäure, harnsauren Salzen und phosphorsauren Erden;

c) Steine aus Calciumoxalat und phosphorsauren Erden;

d) Steine aus Harnsäure, harnsauren Salzen und Calciumoxalat;

e) Steine aus Harnsäure, harnsauren Salzen, Calciumoxalat, Calciumphosphat, Calciumcarbonat und Ammonium-Magnesiumphosphat (Loir).

Die Bestandtheile zusammengesetzter Harnsteine sind bisweilen innig mit einander gemengt, häufiger aber in mehr oder weniger regelmässigen Schichten aufeinander abgelagert, so dass derselbe Stein sich in verschiedene Lagen von verschiedener chemischer Beschaffenheit zerlegen lässt, die offenbar zu verschiedenen Zeiten entstanden sind.

Bei der Bildung derartiger Steine treten zu verschiedenen Perioden ihrer Entwickelung, die verschiedenen Bedingungen ein, welche die Bildung der verschiedenen Sedimente veranlassen, wobei zunächst die alkalische Harngährung innerhalb der Harnorgane erfolgend, und durch die

Gegenwart des Steines selbst beschleunigt (in Folge der Blasenreizung und reichlicherer Schleimsecretion), in Betracht kommen.

Quantitative Analysen von Harnsteinen sind in grosser Menge angestellt, bieten aber kein allgemeines Interesse dar.

Harnbereitung.

Harnbereitung.

So lange man die organischen Bestandtheile des Harns im Blute nicht aufgefunden hatte, betrachtete man die Nieren in demselben Sinne als das harnbereitende Organ, wie man die Leber als das gallenbereitende betrachtet. Seit man aber die Bestandtheile des Harns bereits im Blute vorhanden weiss, schien diese Anschauung nicht länger haltbar und man fing an, die Nieren gewissermaassen nur als ein Filter zu betrachten, durch welches gewisse Blutbestandtheile als Harn treten, um aus dem Körper ausgeschieden zu werden. Zur Bezeichnung der Sache ist der Ausdruck aber keineswegs zutreffend, denn ein Filter ist ein Apparat, durch welchen Gelöstes von Ungelöstem geschieden wird, nicht aber ein solcher, welcher zwischen dem durchzulassenden Gelösten eine Auswahl trifft, wie dies bei den Nieren der Fall ist, die unter normalen Verhältnissen von den Blutbestandtheilen wohl Wasser, Harnstoff, Harnsäure, Kreatin, Kreatinin und Salze durchlassen, nicht aber Eiweisskörper, Zucker, Fettseifen, Cholesterin u. s. w.; die Harnbildung verhält sich in dieser Beziehung dem Schweisse ähnlich; sie ist keineswegs eine blosse Transsudation; aber anderseits unterscheidet sich der Harn von der Galle dadurch, dass seine Bestandtheile im Blute bereits vorhanden sind. Doch giebt sich eine besondere Mitwirkung der Nieren bei der Harnbereitung schon dadurch zu erkennen, dass das Mengenverhältniss der die Nieren passirenden Bestandtheile ein wesentlich anderes ist, wie im Blute. Endlich spricht für die Eigenartigkeit der Harnsecretion der Umstand, dass auch im Nierengewebe selbst erzeugte Stoffe, wie Leucin, Cystin, Taurin, Inosit, unter normalen Bedingungen nicht mit dem Harne austreten.

Die hieraus sich ableitenden Fragen sind zahlreich, die wichtigsten derselben sind: woher kommt es, dass unter normalen Verhältnissen aus dem alkalischen Blute ein saurer Harn abgeschieden wird, warum treten gewisse Blutbestandtheile unter normalen Verhältnissen nicht in den Harn über, wodurch werden sie zurückgehalten, welche Rolle spielen dabei die einzelnen anatomischen Elemente des Nierengewebes, kommen dabei chemische Anziehungen oder physikalisch-osmotische Verhältnisse zur Geltung, finden innerhalb der Niere selbst noch weitere Ausgleichungserscheinungen zwischen dem Secrete und dem Blute der Capillaren statt, welchen Einfluss hat die wechselnde Zusammensetzung des Blutes auf Maass und Qualität der Harnabsonderung, welchen Einfluss übt dabei das Nervensystem aus.

Diejenigen, welche sich eine nähere Kenntniss von dem Standpunkte der, in Obigem kurz angedeuteten physiologischen Fragen verschaffen wollen, müssen wir auf die Lehrbücher der Physiologie verweisen, da das volle Verständniss der aufgestellten Theorien der Harnsecretion, eine genaue Kenntniss des feineren anatomischen Baues der Nieren zur unumgänglichen Voraussetzung hat, eine Voraussetzung, die aber für den chemischen Theil unserer Leser nicht zutreffend sein dürfte, und ein näheres Eingehen auf anatomisches Detail ausserhalb des Planes dieses Werkes liegt.

Die physiologische Bedeutung des Harns bedarf nach den im ersten Abschnitte und anderen Stellen dieses Werkes über den Stoffwechsel gegebenen Erläuterungen, keiner weiteren Auseinandersetzung.

Zur vergleichenden Chemie des Harns.

Harn von Thieren.

Das Wesentliche, was wir über die Zusammensetzung des Harns verschiedener Thiere und Thierclassen wissen, ist kurz gefasst Folgendes:

Harn der Carnivoren.

Der Harn der Carnivoren ist dem des Menschen am ähnlichsten. Er ist in frischem Zustande klar, lichtgelb, von saurer Reaction und enthält dieselben Bestandtheile wie der Harn des Menschen. Er enthält namentlich viel Harnstoff, aber wenig Harnsäure.

Harn der Katzen.

Der Harn der Katzen enthält, wie es scheint, constant einen schwefelhaltigen Körper, den Schmiedeberg und G. Meissner für unterschweflige Säure ansprechen; auf Zusatz von starken Säuren zu dem Harne scheidet sich Schwefel ohne Schwefelwasserstoffentwickelung aus, und beim Erwärmen giebt sich der Geruch der schwefligen Säure zu erkennen. Behandelt man den Harn mit Barytwasser im Ueberschuss, filtrirt, dampft ein und fällt mit Weingeist, so erhält man einen weissen Niederschlag, der sich in kochendem Wasser grösstentheils löst; die Lösung liefert beim Abdampfen schöne Krystalle von Baryumhyposulfit (G. Meissner). Im Uebrigen enthält der Katzenharn die gewöhnlichen Harnbestandtheile, in kleiner Menge aber ausserdem einen durch Säuren fällbaren Eiweisskörper (Schmiedeberg), und bei reiner Fleischnahrung neben Harnsäure Allantoin (G. Meissner).

Hundeharn.

Der Harn der Hunde enthält Kynurensäure (unter Umständen Urocaninsäure, vgl. S. 316) und Harnsäure, diese letztere bei Brodfütterung fehlend, aber bei Inanition nach Brodfutter wieder erscheinend (Naunyn und Riess), Harnstoff, kleine Mengen von Gallensäuren (Naunyn), häufig Gallenfarbstoff, Indican, Bernsteinsäure bei Fütterung mit Fleisch und Fett (G. Meissner), was aber von Salkowski nicht bestätigt werden konnte, also wohl nicht constant ist, zuweilen unterschweflige Säure, wie es scheint vorzugsweise bei Fleischdiät, aber von Senff bei Hündinnen niemals beobachtet, Kreatin und Kreatinin, Allantoin und Harnsäure bei Fleischnahrung. Nach einer Angabe von Hoppe-Seyler endlich häufig

Cystin. Nach Verfütterung von Isatin scheint die Ausscheidung der Kynurensäure sich zu steigern (Niggeler).

Schweineharn.

Der Harn des Schweines ist vollkommen klar, deutlich alkalisch und enthält häufig kohlensaure Alkalien; er trübt sich beim Kochen, indem die doppelt-kohlensauren Alkalien in einfach-kohlensaure übergehen. Harnsäure und Hippursäure scheinen zu fehlen, dagegen enthält er Harnstoff und Guanin.

Harn der Herbivoren.

Der Harn der Herbivoren ist trübe, lehmicht gelb gefärbt, von unangenehmem Geruch und gewöhnlich alkalischer Reaction. Er enthält Harnstoff, Hippursäure, Harnsäure (Dähnhardt), aber jedenfalls nicht constant, viel kohlensaure Alkalien und kohlensaure Erden, dagegen nur sehr geringe Mengen von phosphorsauren Salzen. Henneberg, Stohmann und Rautenberg beobachteten beim Harne von mit Weizenstroh gefütterten Kühen saure Reaction und Fehlen der kohlensauren Salze, wohl als abnorme Erscheinung; Aehnliches fand Uelsmann bei auf der Weide ernährten Kühen. Die saure Reaction hielt drei Wochen an. Ein Zusatz von essigsaurem Kalium zur Strohration, brachte in dem von Henneberg beobachteten Falle, die alkalische Reaction wieder zum Vorschein. Bei eiweissreicher Nahrung überwiegt im Rinderharne der Harnstoff, bei eiweissarmem Futter die Hippursäure, doch bleibt unter allen Umständen auch hier der Harnstoff der Hauptträger des ausgeschiedenen Stickstoffs (Henneberg). Die Hippursäureausscheidung ist weiterhin um so bedeutender, je mehr Rauhfutter verzehrt wird, und nimmt bei Kartoffel- und Rübenverfütterung ab (Hofmeister). Im Harn der Kühe wurden ausserdem Inosit, Taurin, Harnsäure, zweifelhafte Spuren von Hypoxanthin (Dähnhardt), Essigsäure und Ameisensäure, Damol-, Damalur- und Taurylsäure nachgewiesen. Der Pferdeharn ist gewöhnlich schon frisch gelassen trübe und färbt sich an der Luft bald dunkel; er reagirt stark alkalisch und enthält doppelt-kohlensaure Alkalien und alkalische Erden; concentrirt scheidet er oft in grosser Menge Krystalle von hippursaurem Calcium ab; auch oxalsaures Calcium findet sich im Pferdeharn und zuweilen statt der Hippursäure eine stickstoffhaltige harzartige Substanz. Sowie er zu faulen beginnt, enthält er keine Hippursäure mehr, sondern Benzoësäure. Er enthält reichlich phenolbildende Substanz und Indican. Ueber die in Harnsteinen italienischer Ochsen nachgewiesene Lithursäure vergl. w. o. S. 307.

Kuh- und Pferdeharn.

Geniessen Omnivoren rein vegetabilische Nahrung, so nimmt ihr Harn alle Charaktere des Harns pflanzenfressender Thiere an; er wird trübe, alkalisch, enthält kohlensaure Salze und Hippursäure, und die Harnsäure sowie die phosphorsauren Salze verschwinden; werden umgekehrt Pflanzenfresser mit animalischer Nahrung genährt, so nimmt ihr Harn die Charaktere des Harns der Carnivoren an. Dieser Einfluss der Nahrung ergiebt sich aus der Differenz in der Natur des Harns bereits gefütterter und noch gesäugter Kälber. Während ersterer in jeder Beziehung mit dem Harne der Herbivoren übereinstimmt, ist der Harn noch

Harn noch saugender Kälber.

gesäugter Kälber klar, von lichtgelber Farbe, von stark saurer Reaction und enthält neben Harnstoff, Harnsäure, Kreatinin, phosphorsaure Erden und ausserdem Allantoin.

Allantoisflüssigkeit der Kühe.

Aehnlich zusammengesetzt ist die Allantoisflüssigkeit der Kühe; diese letztere soll aber ausserdem noch Albumin und Traubenzucker enthalten.

Harn der Fledermäuse.

In den Excrementen der ägyptischen Fledermaus: schwach gedrehte, höckerige Stücke von blass wachsgelber Farbe und ausgesprochen krystallinischer Structur fand Popp in 100 Thln.: Harnstoff 77·80, Harnsäure 1·25, Kreatin 2·55, Natriumphosphat (Dinatriumhydrophosphat) 13·45, in Wasser unlöslichen Rückstand 0·575, Wasser 3·66. Die Excremente der gemeinen Fledermaus (*Rhinolophus Hipposiduas*) bestehen aus Ammoniaksalzen und unverdauten Flügeldecken von Insecten.

Harn der Vögel.

Der Harn der Vögel und der Schlangen ist sehr reich an Harnsäure und an harnsauren Salzen. Der Harn der Vögel, der den meist weissen Ueberzug auf den Excrementen dieser Thiere bildet, enthält im Wesentlichen freie Harnsäure, zum kleineren Theil harnsaure Salze. Er stellt die in eine eiweissartige Hülle eingebetteten Harnkügelchen dar. Die letzteren bestehen aus einem aus den Nierenzellen stammenden Gerüst, in welches die Harnsäure und geringe Mengen von harnsaurem Ammonium eingebettet sind. Harnstoff ist bei fleisch- und körnerfressenden Vögeln ebenfalls nachweisbar; bei ersteren in grösserer Menge. Im Harne der fleischfressenden Vögel findet sich ausserdem Kreatin, weniger constant bei körnerfressenden (G. Meissner). Der Harn von *Ardea cinerea* enthält Guanin (Härter). Benzoësäure geht im Harne der Hühner nicht in Hippursäure über (H. Shepard).

Harn der Schlangen.

Der Harn der Schlangen ist ein wenig gefärbtes Liquidum, welches gleich nach der Ausleerung zu einer weissen erdigen Masse erstarrt. Dieselbe besteht im Wesentlichen aus Harnsäure, sauren harnsauren Salzen von Kalium, Natrium und Ammonium, etwas Harnstoff und wenig Calciumphosphat.

Der Harn der Saurier (*Pseudopus* und *Lacerta viridis*) enthält nach den Beobachtungen von Hoppe-Seyler ebenfalls zum grössten Theile die Harnsäure im freien Zustande, ebenso der Harn des *Alligators*; in jenem des letzteren ist auch Harnstoff mit Sicherheit nachweisbar.

Harn der Frösche.

Der Harn der Frösche enthält Harnstoff, Chlornatrium und etwas Calciumphosphat.

Harn der Schildkröten.

Im Harn der Schildkröten wurden Harnstoff, Hippursäure, Harnsäure, Chlorverbindungen, schwefelsaure Salze und eine Spur von Phosphorsäure gefunden.

Der Harn der Schmetterlinge und Raupen enthält vorzugsweise Harnsäure, wie denn überhaupt der Nachweis der letzteren, bis zu den untersten Classen der Wirbellosen, für die Existenz von harnbereitenden Organen geltend gemacht wurde. Die von spinnreifen Seidenraupen ausgeschiedene alkalische Flüssigkeit besteht zum grössten Theile eben-

falls aus harnsaurem Kalium, die Ausscheidung der eben ausgeschlüpften Seidenspinner enthält über 50 Proc. des festen Rückstandes Harnsäure, Kali, Phosphorsäure und Magnesia und viel unbestimmbare organische Substanz (Karmrodt). Der rothe Farbstoff der Excremente der Schmetterlinge ist ein öliger, sich in Wasser in Tröpfchen ausscheidender Körper.

Der Harn der Spinnen enthält Guanin (v. Gorup-Besanez und Fr. Will).

b. Thierische Gewebe und Organe.

Wir geben in Nachstehendem in kurzen Grundzügen das über die chemischen Verhältnisse der Gewebe und Organe thatsächlich Festgestellte. Unter den chemischen Verhältnissen verstehen wir aber keineswegs mikrochemische Reactionen, die in zahlreichen Fällen für den Histiologen sicherlich von hohem Werthe sind, aber für Feststellung der chemischen Natur der Gewebe entweder gar keine, oder eine nur sehr untergeordnete Bedeutung haben, sondern das, was über die chemische Natur der Gewebe im Sinne des Chemikers ermittelt ist. Wir müssen ferner die Kenntniss der histiologischen Verhältnisse der betreffenden Gewebe und Organe unbedingt als bekannt voraussetzen; wer mit diesen unbekannt ist, kann unmöglich die chemischen Thatsachen irgendwie verwerthen. Wir haben diese Verhältnisse ganz übergangen, von der Voraussetzung ausgehend, dass Niemand aus einer Beschreibung sie verstehen lernen wird, dass vielmehr Histiologie nur am Mikroskopir-Tisch gelernt werden kann.

Wir haben ferner auch bei den Geweben, zunächst den Organismus des Menschen und der höheren Säugethiere als Ausgangspunkt genommen, und geben das vergleichend-chemische Material nur anhangsweise und subsidiär.

I. Chemie des Knochengewebes.

Literatur: E. v. Bibra: Chemische Untersuch. über die Knochen und Zähne. Schweinfurt 1844. — E. Fremy: Compt. rend. T. XXIX, p. 1052; Annal. de chimie et de phys. 3. Sér. T. XLIII, p. 47. — Lehmann: Zoochemie. Leipzig und Heidelberg 1858. S. 429. — v. Recklinghausen: Arch. f. path. Anat. Bd. XIV, S. 466. — Hoppe-Seyler: Arch. f. path. Anat. Bd. V, S. 170. Bd. XXIV, S. 13. — C. Voit: Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XV, S. 515. — v. Wittich: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1854. S. 265. — Barreswil: Compt. rend. 1861, T. LIII, p. 246. — B. Wicke: Annal. d. Chem. u. Pharm. CXXV, 80. — Aeby: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1871. Nr. 36. — Derselbe: ebenda 1872. Nr. 7. — Derselbe: ebenda 1873. Nr. 7. — Zalesky: Med. chem. Untersuch. von H.-S. I, 19. — Maly u. Donath: Wiener akad. Sitzungsber. LXVIII (II), 1873. Juni. —

Diakonow: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. Nr. 43. — O. Weber: Arch. f. path. Anat. XXXVIII, 1. — Huppert: Arch. d. Heilk. VIII, 345. — Hoffmann: Journ. f. prakt. Chem. CI, 129. — Weiske: Zeitschr. f. Biol. VII, 179. 331. X, 410. — Papillon: Journ. de l'Anat. et de la Physiol. 1870, p. 152; 1873. 3. Mai u. Juni. — P. Heymann: Arch. f. Physiol. VI, 184. — Rustitzky: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1872, S. 562. — H. Nasse: Marburger Sitzungsber. April 1877. — A. W. Volkmann: Ber. d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1873, S. 275. — Weiske u. Wildt: Zeitschr. f. Biol. IX, S. 541. — C. Heitzmann: Anz. d. Wiener Akad. 1873. Nr. 17. — Nessler: Landwirthsch. Versuchsstat. 1873. XVI, 187. — Dusart: Gaz. méd. de Paris 1874. Nr. 5. — König: Zeitschr. f. Biol. X, 68. — König: Landwirthsch. Jahrb. 1874. S. 421; Zeitschr. f. Biologie. X, 69. — Wibel: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VII, 220. — Aeby: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VII, 555; Journ. f. prakt. Chemie N. F. IX, 469. — Mallet: Chem. news. XXX, 211. — Roloff: Arch. f. Thierheilk. I, 189. — Weiske: ebenda 457. — König: Zeitschr. f. Biol. XI, 305. — Schrodt: Vergl. Knochenuntersuch. etc. Dissert. Jena 1876; landwirthsch. Versuchsstat. XIX, 349. — J. Forster: Zeitschr. f. Biol. XII, 464. — E. Heiss: ebenda XII, 151. — Krocker: Centralbl. f. Agriculturchemie VI, 14. — Pflüger: Arch. f. Physiol. XV, S. 366.

Das Knochengewebe als Ganzes betrachtet, demnach die eigentliche Knochensubstanz mit Zellen und Grundmasse und die Markbehälter, deren Inhalt nicht vollständig bei der chemischen Untersuchung eliminirt werden kann, besteht aus folgenden mehr oder weniger genau chemisch charakterisirten Stoffen:

Chemische Bestandtheile.

Knorpelsubstanz: (Osseïn), Fett, eiweissartige Materien in geringer Menge, welche aber keineswegs auf die Grundsubstanz der Knochen, sondern auf die Blutgefässe der Knochen und auf die Zellen- und Röhrenmembranen der Knochenkörperchen und ihrer Ausläufer, sowie auf die Inhaltsmassen der Markräume zu beziehen sind, Tricalciumphosphat: $2(PO_4)Ca_3$, Trimagnesiumphosphat: $2(PO_4)Mg_3$, Calciumcarbonat, Fluorcalcium, Chlorverbindungen. Schwefelsaure Alkalien und Eisen, die bei Knochenanalysen gewöhnlich in geringer Menge gefunden werden, gehören der eigentlichen Knochenmasse wahrscheinlich ebenso wenig an, wie die nichtleimgebenden eiweissartigen Materien, sondern stammen von den, die Knochen durchtränkenden Säften. Der frische Knochen enthält ausserdem Wasser.

Demnach kann man ganz allgemein die Knochen aus einer leimgebenden Grundlage: dem Knochenknorpel und aus anorganischen Salzen bestehend betrachten, welche letztere man unter dem Namen Knochenerde collectiv zusammenzufassen pflegt.

Die Art, wie im Knochengewebe die mineralische Grundlage mit der organischen vereinigt ist, wurde bisher verschieden ausgelegt. Man hat theils eine rein mechanische Ablagerung der Knochensalze in die organische Grundlage: den noch nicht ossificirten Knorpel, angenommen, theils eine wirkliche chemische Vereinigung. Die erstere Annahme ist aber jedenfalls die besser begründete und wird namentlich dadurch ge-

stützt, dass man dem Knochen durch Behandlung mit Säuren sämmtliche Knochenerde, durch Behandlung dagegen mit Alkalien und durch Calciniren die organische Substanz entziehen kann, ohne die Structur des Knochens wesentlich zu beeinträchtigen. Auch die Versuche, welche in jüngster Zeit Maly und Donath zur Entscheidung dieser Frage anstellten, machen die erstere Annahme wahrscheinlicher.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Allgemeines chemisches Verhalten. Werden Knochen längere Zeit mit verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure unter öfterem Wechsel der Säure digerirt, so wird nach und nach alle Knochenerde aufgelöst und es bleibt die organische Grundlage des Knochens: der Knochenknorpel, unter völliger Beibehaltung der ursprünglichen Form des Knochens zurück. Behandelt man Knochen in der Wärme mit verdünnter Salzsäure, so entweicht Kohlensäuregas und der Knochen wird dadurch gewissermaassen von innen heraus zersprengt, so dass er sich in faserige der Länge nach ablösbare Lamellen zertheilt. Wenn man Knochen verbrennt, so zerstört bei hinreichend langer Einwirkung die Hitze sämmtliche organische Substanzen und es bleibt die Knochenerde zurück, die ebenfalls, so lange keine äussere Gewalt einwirkt, die Form des ursprünglichen Knochens beibehält. Dabei tritt der als Carbonat vorhanden gewesene Kalk zum Theil an das normale Orthophosphat und giebt ein basisches Kalkphosphat (Wibel).

Verhalten des Knochenknorpels.

Der Knochenknorpel, sowie er durch Extraction von Knochen mit verdünnter Salzsäure erhalten wird, ist im feuchten Zustande biegsam und elastisch, gelblich durchscheinend; beim Trocknen aber wird er hart, jedoch wenig spröde. Ist der Knochen mit Säure vollständig erschöpft, so hinterlässt er nur sehr wenig Asche. Durch Kochen mit Wasser geht er vollständig in Knochenleim (Glutin) über; jener junger Individuen rascher als der älterer (Fremy), auch soll die Umwandlung durch die Gegenwart einer Säure sehr beschleunigt werden.

Der Knochenknorpel stimmt in seiner Elementarzusammensetzung mit jener des daraus dargestellten Glutins vollkommen überein (s. S. 142), und ist identisch bei den verschiedenen Thierclassen, bei Individuen verschiedenen Alters und in krankhaft veränderten Knochen.

Embryonale Knochen des Kalbes (Schwann) und des Kaninchens (Hoppe-Seyler), geben aber bis zu den letzten Perioden des Intrauterinlebens keinen Leim; es ist demnach ihre organische Grundlage von dem Osseïn wesentlich verschieden. Auch in den Knochen einiger Wasservögel und in den Gräten einiger Fische fand Fremy eine mit dem Knochenknorpel isomere Substanz, die aber beim Kochen mit Wasser keinen Leim gab.

Fossile Knochen enthielten in einigen von v. Bibra beobachteten Fällen keinen unveränderten Knochenknorpel mehr, sondern eine Substanz, die sich wie bereits fertiger Leim verhielt. Sie zerfloss bereits bei 37 bis 40° C. in eine leimähnliche Masse, die in Wasser zu einer zitternden Gallerte aufquoll.

Das Fett der Knochen ist noch nicht näher studirt. Das Knochenfett scheint im Allgemeinen mit dem vorherrschenden Körperfette des Thieres übereinzustimmen, nur ist es reicher an Oelsäureglycerid, daher weicher und leichter schmelzbar. In den Diaphysen der Röhrenknochen ist es noch am festesten, doch immerhin sehr weich. Das Knochenmark besteht vorwiegend ebenfalls aus Fett (Oelsäure-, Palmitinsäure-, Medullinsäuretriglycerid, vielleicht auch Laurinsäuretriglycerid, Ebrard), enthält aber ausserdem Bindegewebe, in welchem das Fett eingeschlossen ist und Gefässe. Wasser zieht aus dem Knochenmarke Materien aus, welche mit denjenigen übereinstimmen, die kaltes Wasser aus Ochsenfleisch aufnimmt (Berzelius). Diese Angaben beziehen sich zunächst auf das blassgelbe ziemlich consistente Mark der Röhrenknochen; die, die Zellenräume der spongiösen Knochen ausfüllende Masse ist weich, halbflüssig und meist von röthlicher oder völlig rother Farbe. Diese Substanz enthält Albumin und neben nicht näher charakterisirten extractartigen Materien eine freie organische Säure (Berzelius); ob diese Säure wirklich, wie Berzelius annahm, Milchsäure ist, wäre erst zu ermitteln, doch ist es nicht unwahrscheinlich. Heymann fand im normalen Knochenmarke Hypoxanthin, welches von Salkowski bereits früher bei Leukämie darin nachgewiesen wurde. Auch Cholesterin scheint darin vorzukommen. Auf eigenthümliche eisenoxydhaltige Körper im Knochenmarke hat H. Nasse aufmerksam gemacht.

Verhalten des Fetts und Knochenmarks.

Die Knochenerde: die anorganischen Bestandtheile der Knochen, sowie sie beim Calciniren der letzteren zurückbleiben, ist ein Gemenge von phosphorsauren und kohlensauren alkalischen Erden mit geringen Mengen von Fluor; die Basen sind Calcium und untergeordnet Magnesium und zwar gilt dieses für die Knochenerde der verschiedenen Thierclassen, für Individuen verschiedenen Alters u. s. w.

Verhalten der Knochenerde.

Ueber die Formel des Calciumphosphates der Knochen wurden bis auf die neueste Zeit verschiedene Ansichten ausgesprochen, gegenwärtig aber kann es wohl als ausgemacht angesehen werden, dass dieselbe jene des normalen Calciumorthophosphates ist, und gegentheilige Angaben auf fehlerhafte Methoden der Analyse zurückzuführen sind. Ob die gesammte Phosphorsäure junger Knochen als normales Calciumorthophosphat vorhanden ist, ist nach den Versuchen Recklingshausen's eine Frage, deren Entscheidung weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben muss.

Die Kohlensäure ist, wenigstens erscheint dies nach den Ergebnissen einiger Versuche wahrscheinlich, nur an Calcium gebunden; in den ächten Knochen tritt das Calciumcarbonat gegen das Phosphat sehr zurück, beträgt aber gewöhnlich mehr als die Gesammtmenge der übrigen Bestandtheile der Knochenasche. Magnesium ist als Magnesiumorthophosphat in der Knochenerde enthalten, wenigstens erscheint es zweifelhaft, ob ein Theil derselben auch an Kohlensäure gebunden ist.

Der Gehalt frischer und normaler Knochen an Fluorcalcium, in neuerer Zeit nur von O. Rees bestritten, ist jetzt, nach vielfachen Unter-

suchungen der genauesten Beobachter, eine mit Sicherheit constatirte Thatsache, zugleich aber unterliegt es keinem Zweifel, dass der Fluorgehalt fossiler Knochen in der Regel ein viel bedeutenderer ist, als der frischer Knochen. In den Knochen vorweltlicher Thiere (Hydrarchos, Anoplotherium etc.) hat man an 16 Proc. Fluorcalcium gefunden (?) und da man auch gefunden haben wollte, dass der Fluorgehalt fossiler Knochen mit ihrem Alter zunehme, glaubte man das letztere nach dem Fluorgehalte abschätzen zu können. Allein auch fossile Knochen nachweisbar hohen Alters, enthalten zuweilen kaum bedeutendere Fluormengen als frische.

In krystallisirter Form sind bisher die anorganischen Bestandtheile frischer Knochen noch niemals aufgefunden. Es scheint, als ob das Osseïn durch seine moleculare Zwischenlagerung die Krystallbildung des phosphorsauren und kohlensauren Calciums hinderte (Schlossberger). Dagegen hat man an lange begrabenen Menschenknochen (Girardin), sowie an fossilen Thierknochen, zuweilen oberflächliche Anlagerung von Apatitkryställchen angetroffen.

In den ältesten fossilen Knochen ist die thierische Grundlage zuweilen völlig verschwunden und durch fremde, später eingedrungene Materien ersetzt, wodurch eine wahre Versteinerung des Knochens entsteht. Auf diese Weise erklärt sich der bedeutende Thonerde- und Kieselerdegehalt fossiler Knochen. In den Röhrenknochen eines, in einem alten Schachte gefundenen Menschenskeletts, beobachtete Haidinger krystallisirten Vivianit.

Quantitative Zusammensetzung der Knochen.

Quantitative Zusammensetzung.

Die quantitative Zusammensetzung der Knochen bietet, wenn man die nach exacteren und untereinander vergleichbaren Methoden ausgeführten Analysen der Betrachtung zu Grunde legt, weder bei verschiedenen Individuen unter verschiedenen physiologischen Bedingungen, noch bei verschiedenen Thierclassen wesentliche Verschiedenheiten dar. Aus einer grossen Anzahl von Analysen der Knochen vom Menschen, vom Rind, vom Meerschweinchen und von *Testudo graeca*, welche Zalesky nach der Methode von Hoppe-Seyler anstellte, ergiebt sich das Verhältniss der anorganischen zu den organischen Bestandtheilen als ein nahezu constantes, und auch der Gehalt der Knochenasche an Calcium, Magnesium, Phosphorsäure, Kohlensäure, Fluor und Chlor zeigte sehr geringe, fast innerhalb der Fehlerquellen liegende Verschiedenheiten beim Menschen und bei den untersuchten Thieren. Mit Ausnahme der Schildknochen von *Testudo graeca* fand sich in allen Knochen Chlor, die Menge des Fluors erwies sich geringer wie in den älteren Analysen. Sowie Aeby fand auch Zalesky das Verhältniss des nicht an Phosphorsäure gebundenen Calciums grösser als dem Verhältniss des Apatits [$CaFl_2$, $3\,(2\,PO_4\,Ca_3)$] entspricht. Da zahlreiche ältere Analysen von v. Bibra und Anderen nach mangelhafteren Methoden angestellt sind, ausserdem

die Berechnung derselben gegenwärtig nicht mehr stichhaltig ist, so beschränken wir uns, um von der mittleren Zusammensetzung der Knochen von Menschen und Thieren eine Uebersicht zu geben, auf die Mittelwerthe der zahlreichen von Zalesky angestellten Bestimmungen:

In 100 Theilen	Mensch	Ochse	Schildkröte	Meer-schweinchen
Anorganische Substanz	65·44	67·98	63·05	65·30
Organische „	34·56	32·02	36·95	34·70
Calciumphosphat . . .	83·89	86·09	85·98	87·38
Magnesiumphosphat .	1·04	1·02	1·36	1·05
Calcium an Cl, Fl u. CO_2 gebunden	7·65	7·36	6·32	7·03
Kohlensäure	5·73	6·20	5·27	—
Chlor	0·18	0·20	—	0·13
Fluor	0·23	0·30	0·20	—

Den fossilen Oberschenkelknochen vom Höhlenbären, aus einer Höhle in Polen stammend, analysirte Krocker und fand darin: Organische Substanz: 7·533 Proc. (mit 0·785 N), Calciumphosphat 74·332 Proc., Magnesiumphosphat 0·235 Proc., Calciumcarbonat 9·847 Proc., Fluorcalcium 0·723 Proc., Alkalien, Eisen in Spuren. Feuchtigkeit 7·266 Proc.

Ueber die Frage, ob bei den verschiedenen Knochen eines und desselben Skeletts (Röhrenknochen und platte, compacte und spongiöse Knochen) typische Differenzen der chemischen Zusammensetzung bestehen, welchen Einfluss auf die letztere das Alter, das Geschlecht und die Art der Nahrung ausübt, sind zahlreiche Versuche angestellt (v. Bibra, Frerichs, Volkmann, v. Recklingshausen, C. G. Lehmann, Aeby, Schrodt), die Ergebnisse aber vielfach schwankende und zu bestimmten Schlüssen nicht geeignete. Dies gilt namentlich für das Verhältniss der accessorischen und der wesentlichen Knochenbestandtheile, und die Zusammensetzung der letzteren bei den verschiedenen Knochen des Skeletts.

Einfluss des Alters.

Den Einfluss, welchen das Alter der Individuen auf die Zusammensetzung der Knochen ausübt, hat man früher bedeutend überschätzt. Je zahlreichere Analysen zur Erledigung dieser Frage angestellt wurden, desto schwankender wurde dieselbe, so dass gegenwärtig von einigen Physiologen und Chemikern auf Grund ihrer eigenen und fremder Beobachtungen der Einfluss des Alters sogar völlig in Abrede gestellt wird (C. G. Lehmann, v. Recklinghausen, Aeby). Dass bis zu jener Periode, wo der Knochen seine völlige Ausbildung und Festigkeit erlangt hat,

demnach bis zu einer bestimmten Altersstufe, der Knochen an Mineralsubstanz reicher wird, ist ein nothwendiger Folgesatz der Entwickelungsgeschichte des Knochens. Aber es ist bis jetzt von keinem Knochen mit Sicherheit nachgewiesen, wann er die Grenze der Zunahme an Mineralsubstanz erreicht und ob überhaupt eine solche mit einer gewissen Altersstufe gegeben ist. Namentlich bestätigt sich ein höherer Gehalt der Knochen von Greisen an Knochenerde als Regel durchaus nicht (Volkmann) und v. Bibra's Analysen weisen zwar häufig eine Vermehrung der Knochenerde in alten Knochen nach, aber sie ergeben auch auffallende Ausnahmen, die zeigen, wie viel Individuelles, zum Theil auch wohl Pathologisches hier mit unterläuft. Unter diesen Verhältnissen verdient die Bemerkung v. Recklinghausen's, dass von jungen Knochen die accessorischen Theile viel schwieriger zu trennen sind, alle Beachtung.

Einfluss des Geschlechtes.

Dafür, dass das Geschlecht auf die Zusammensetzung der Knochen einen bemerkbaren Einfluss nicht ausübe, sprechen übereinstimmend alle Beobachtungen.

Einfluss der Nahrung.

Ein Einfluss der Nahrung auf die Zusammensetzung der Knochen ist ebenfalls, wenn ein solcher überhaupt besteht, ein viel geringerer, als man von vornherein voraussetzen durfte. Zwar wollte durch Darreichung an Kalksalzen armen Futters Chossat bei Tauben Knochenerweichung hervorgebracht haben und kamen die Gebr. Dusart nach ihren Angaben zu ähnlichen Resultaten; je nach dem Alter der Thiere brachte eine von Calciumphosphat freie Nahrung Knochenerweichung oder Knochenbrüchigkeit hervor und kam auch J. Forster bei Versuchen an Hunden zu dem Ergebnisse, dass ungenügende Kalkzufuhr Verarmung der Knochen an Kalk zur Folge habe. Dagegen beobachtete Zalesky in der Zusammensetzung der Knochen von Tauben, von welchen zwei mit Gerstenkörnern unter Zusatz von Calciumcarbonat und destillirtem Wasser, und zwei andere mit denselben Körnern, mit Zusatz von Natriumphosphat und destillirtem Wasser gefüttert wurden, keine in Betracht kommende Unterschiede. Zu ähnlichen negativen Resultaten kamen Weiske, sowie Weiske und Wildt bei Ziegen, welche mit an Phosphorsäure armem Futter unter Zusatz von Kreide, und mit kalkarmem Futter unter Zusatz von Natriumphosphat gefüttert wurden, sowie Papillon bei Ratten. Versuche, welche Weiske an Hammeln anstellte, die eine an Kalkphosphat arme Nahrung erhielten, führten zu dem Ergebnisse, dass dabei Abnahme des Knochengewichts, aber keine Veränderung des Verhältnisses der Knochenbestandtheile eintrat.

Auch über die Frage, ob Strontium und Magnesium, Calcium im Knochen zu ersetzen fähig sind, wurden von Weiske und von König Versuche angestellt. Weiske kam dabei zu negativen Resultaten, während König fand, dass zwar nicht Magnesium und Aluminium, wohl aber Strontium in der Nahrung zugeführt, in die Knochensubstanz überging.

Pathologische Veränderungen.

Pathologische Veränderungen. Fast bei allen die Knochen betreffenden pathologischen Processen, werden die anorganischen Bestand-

theile dem Knochen früher und in grösserer Menge entzogen, als die organische Materie, es überwiegt daher in pathologischen Knochen die letztere mehr oder weniger bedeutend. Bei theilweiser Verödung des Knochengewebes werden die gebildeten Höhlungen gewöhnlich mit flüssigem Fett ausgefüllt; kehrt der Zustand wieder zur Norm zurück, so behalten, obgleich neue Knochenmasse abgelagert wird, die organischen Stoffe ein Uebergewicht; daher kommt es, dass bei Sklerosen sich in den sklerosirten Knochen mehr organische Materie vorfindet, als in normalen. In dem Verhältnisse des phosphorsauren zum kohlensauren Calcium, scheint bei den meisten Knochenkrankheiten eine Aenderung nicht stattzufinden; eine Ausnahme hiervon machen Osteophyten und Knochenneubildungen, wo das Calciumcarbonat im Verhältnisse zum Calciumphosphat etwas vermehrt ist.

Das Osseïn pathologischer Knochen ist in der Regel mit dem normalen identisch, doch haben Marchand und C. G. Lehmann einige Male aus rhachitischen Knochen durch Kochen mit Wasser kein wahres Glutin erhalten.

Bedeutend ist die Verminderung der anorganischen Bestandtheile des Knochens bei Rhachitis und bei Craniotabes der Kinder (wohl nur einer localisirten Rhachitis), noch bedeutender aber bei Osteomalacie, wie die nachstehenden Analysen veranschaulichen.

In 100 Theilen	Rhachitis			Craniotabes Schlossberger		
	Femur Marchand	Tibia Lehmann	Humerus Ragsky	I.	II.	II.
Anorganische Substanz .	20·60	33·64	18·88	51·50	52·32	51·88
Organische Substanz . .	79·40	66·36	81·12	48·50	47·68	48·12
Calciumphosphat . . .	14·78	26·94	15·60	45·54	43·05	46·18
Magnesiumphosphat . .	0·80	0·81				
Calciumcarbonat . . .	3·00	4·88	2·66	4·32	6·40	5·75
Lösliche Salze	1·02	1·08	0·62	—	—	—
Fett	7·20	6·22		0·87	47·68	1·50
Osseïn	72·20	60·14	81·12	47·62		46·62
Fluorcalcium und Verlust	1·00	0·99		—	2·87	—

Knochen bei Osteomalacie.

Bei der Osteomalacie nimmt nicht nur allein der Gehalt der Knochen an anorganischen Salzen bedeutender ab, als bei irgend einer anderen Knochenkrankheit, sondern es geht auch ein grosser Theil des Osseïns unter, dagegen ist das Fett ausserordentlich vermehrt. Die organische

Substanz osteomalacischer Knochen giebt beim Kochen mit Wasser zuweilen Glutin, zuweilen aber auch nicht, ist demnach in ihrer Natur wesentlich verändert. Häufig reagirt die in den osteomalacischen Röhrenknochen enthaltene Flüssigkeit deutlich sauer und C. Schmidt, sowie O. Weber wiesen in drei Fällen von Osteomalacie bedeutende Mengen freier Milchsäure in den Knochen nach. Interessant sind in dieser Beziehung die Versuche, welche Heitzmann bei verschiedenen Thieren anstellte und aus denen sich ergab, dass man bei Fleischfressern (Hunden und Katzen) durch fortgesetzte Einverleibung von Milchsäure anfangs Rhachitis, später Osteomalacie künstlich hervorrufen könne. Leider aber gab eine Wiederholung dieser Versuche durch Heiss durchaus keine Bestätigung der Heitzmann'schen Angaben. Derselbe konnte bei Hunden durch Einführung von Milchsäure (durch den Darm) und sehr kalkarme Nahrung keinerlei Knochenkrankheit erzielen. Die Frage, ob die locale Bildung von Milchsäure im Knochen, oder in der Nähe derselben Osteomalacie oder Rhachitis hervorrufen könne, bleibt dadurch natürlich unberührt.

Ueber die Ursache der Knochenbrüchigkeit der Rinder ist man auch ziemlich getheilter Meinung. Nach Aeby wäre dieselbe die Folge einer Zunahme der Porosität der Knochen, einer Abnahme an Masse, aber auch einer bedeutenden Zunahme der Carbonate, während Nessler, Brigel, v. Fellenberg und Weiske als besonders charakteristisch für den brüchigen Knochen einen hohen Mark- und Fettgehalt insbesondere der spongiösen Knochen betrachten. Die frühere sehr verbreitete Ansicht, die Knochenbrüchigkeit beruhe auf Mangel an Kalksalzen, ist in ihrer Allgemeinheit sicher unrichtig. Ein von Huppert beobachteter Fall, in welchem die Asche der osteomalacischen Knochen auffallend viel phosphorsaures Eisenoxyd enthielt, steht vorläufig zu vereinzelt da, um irgend welche Folgerungen daran knüpfen zu können.

Zur vergleichenden Chemie der Knochen.

Zur vergleichenden Chemie der Knochen. Die meisten der obigen Angaben bezogen sich auf die Knochen des Menschen. Was die chemische Zusammensetzung der Thierknochen anbelangt, so liegen darüber umfassende Untersuchungen von Fremy und insbesondere von v. Bibra vor. Im Allgemeinen ist das Resultat dieser Untersuchungen, dass die Knochen der Thiere und des Menschen eine sehr ähnliche Zusammensetzung besitzen; auch die Knochen verschiedener Thierclassen zeigen grosse Uebereinstimmung, die in den meisten Fällen so weit geht, dass es gegenwärtig unmöglich erscheint, aus der chemischen Analyse eines Knochens auch nur die Thierclasse, geschweige denn die Familie oder Gattung des Thieres zu erkennen.

Besonders reich an Calciumcarbonat sollen die Knochen der Pachydermen und Cetaceen sein.

In dem Knochenmarke sehr fettarmer Knochen von Kaninchen glaubt Rustitzky Mucin nachgewiesen zu haben, welches er in fettreichem Ochsenmarke nicht auffinden konnte.

Die Knochen der Vögel enthalten mehr anorganische Substanz als jene der Säugethiere; besonders reich an Erden sind die Knochen der Scharrvögel. Die Knochen der körnerfressenden Vögel enthalten ausserdem immer etwas Kieselerde; dass die Höhlungen der Knochen der Vögel Luft führen, ist bekannt. Auch scheinen die Vogelknochen durchschnittlich mehr Wasser zu enthalten, als die Säugethierknochen.

Die Knochen der Amphibien sind ärmer an anorganischer Substanz, als die Knochen der Säugethiere; ihre Asche enthält immer Natriumsulfat.

Noch ärmer an Mineralstoffen sind die Knochen der Fische, auch ihre Asche enthält Natriumsulfat; sie sind ausserdem sehr fettreich und enthalten mehr Wasser als alle übrigen Knochen. In den Knochenschilden des Störs (*Acipenser Sturio*) fand Wicke 1·18 Proc. Chlornatrium, 0·18 Proc. Chlorkalium und 0·41 Proc. Natriumsulfat. Die Fischknochen scheinen demgemäss mehr lösliche Salze zu enthalten als die Knochen anderer Thiere. Als Bestandtheil der Fischknochen giebt Wicke auch Magnesiumcarbonat an (0·22 Proc.).

Schuppen der Fische.

Die Schuppen der Fische schliessen sich ihrem chemischen Charakter nach im Allgemeinen den Knochen an; sie enthalten aber mehr organische Substanz als die letzteren. Die organische Substanz hat nach Fremy dieselbe Zusammensetzung wie jene der Knochen, und wird beim Kochen mit Wasser in Leim verwandelt. Die Farben der Fischschuppen scheinen Interferenzfarben zu sein.

Die aus den Fischschuppen von Weissfischen dargestellten, in der sogenannten Perlenessenz befindlichen, und in Paris zur Fabrikation künstlicher Perlen benutzten irisirenden Krystalle bestehen, nach den Untersuchungen von Barreswil und jenen von C. Voit aus Guaninkalk.

Die Schuppen der Amphibien sind von denen der Fische wesentlich verschieden und gehören histiologisch wie chemisch zu den Epithelialgebilden.

Entwickelung der Knochen.

Entwickelung der Knochen. Die chemischen Vorgänge bei der Entstehung, Erhaltung und dem Umsatze der Knochen sind unbekannt. Festgestellt scheint es durch neuere Untersuchungen, dass nicht das Chondrigen bei der Bildung des Knochens unter Umwandlung seiner chemischen Eigenschaften zur organischen Grundlage des Knochens: zum Glutin gebenden Osseïn (Collagen) wird, sondern dass vielmehr Knochensubstanz mit Collagen, an der Stelle des in der Regel provisorisch verkalkten und dann schwindenden chondrigenen Knorpels, neu abgesetzt und letzterer somit nur verdrängt wird (H. Müller, Baur, G. Meissner). Diakonow fand, dass der Hühnerfötus in seinen Knochen mehr Calciumphosphat als das Ei enthält, welches aber reich an Lecithin ist, das im Dotter von einer in Alkohol und Aether löslichen Kalkverbindung begleitet wird; da nun auch die Zahnpulpe und die Knochen junger Thiere ebenfalls viel Lecithin und die oben erwähnte Kalkverbindung enthalten, und das Lecithin sich an feuchter Luft unter Bildung von Glycerinphos-

phorsäure und freier Phosphorsäure bald zersetzt, so schliesst Diakonow, dass das Calciumphosphat im Hühnerknochen zum Theil vom Glycerin stamme.

Zahngewebe.

Zahngewebe.

So vielfach verschieden das Zahngewebe in histiologischer Beziehung vom Knochengewebe ist, so verwandt ist es ihm in chemischer Hinsicht.

Zahnbein und Cäment enthalten dieselben mineralischen Bestandtheile wie die Knochen, und eine organische glutinliefernde Grundlage. Erwähnenswerth ist die Beobachtung, dass die Wandungen der Zahnröhrchen, welche man durch Behandlung mit stärkeren Säuren und Alkalien isoliren kann, beim Kochen im Papin'schen Topfe ungelöst bleiben, während die Grundmasse bereits in Glutin verwandelt ist (Hoppe-Seyler). Auch die Zahnbeinkugeln verwandeln sich nicht in Glutin. Die Menge der Knochenerde in den Zähnen ist bedeutender als in den Knochen.

Zahnschmelz.

Etwas verschieden verhält sich der Zahnschmelz. Dieses Gewebe ist das wasserärmste und zugleich das an anorganischen Stoffen reichste des Thierorganismus. Die organische Grundsubstanz, welche man durch Extraction des Zahnschmelzes mit Salzsäure in Gestalt von vier- oder sechsseitigen Prismen ähnlichen, von der Zahnkrone divergirend ausgehenden Fasern erhält, giebt beim Kochen keinen Leim (Hoppe-Seyler), sondern zerplatzt und verhält sich gegen Reagentien wie Epithelialsubstanz. Die organische Grundlage des sogenannten Schmelzhäutchens zeichnet sich durch grosses Widerstandsvermögen gegen Säuren und Alkalien aus und giebt beim Kochen keinen Leim. Der noch nicht völlig entwickelte Zahnschmelz ist nach den Versuchen Hoppe-Seyler's viel reicher an organischen Stoffen als der ausgebildete. Die Flüssigkeit, welche ihn im Zahnsäckchen umgiebt, besitzt stark alkalische Reaction und enthält nur Spuren von Albumin. Aus dem Schmelze selbst kann man durch Extrahiren mit Wasser kein Albumin erhalten, sondern nur eine schwach alkalische Flüssigkeit, Chlormetalle und Spuren von Schwefelsäure enthaltend (natürlich gebundene). Werden dagegen die Phosphate und kohlensauren Erden durch Salpetersäure gelöst, so hinterbleibt eine organische Substanz, welche an Wasser einen durch Säuren fällbaren Eiweisskörper abgiebt. Hoppe-Seyler fand ferner, dass Carbonate schon im jüngsten weichen Schmelze anwesend sind, während es ihm nicht gelang, im unentwickelten Schmelze des Schweines Fluor nachzuweisen.

Nach den Angaben von Aeby enthält der Zahnschmelz nur Orthophosphat, aber nicht die von ihm im Knochen und auch im Zahnbein supponirte Doppelverbindung von Kalkphosphat mit einem

Kalkcarbonat, dessen Kohlensäure locker gebunden ist. Zum Belege für diese Ansicht theilt er eine Analyse des Zahnbeines und des Zahnschmelzes vom Rinde mit, aus welcher sich, wie untenstehende Zahlen lehren, allerdings ergiebt, dass im Zahnschmelze sich nur sehr wenig Kalk findet, der in der geglühten Schmelze als freier Kalk erscheint, während das Zahnbein eine dem eigentlichen Knochen analoge Zusammensetzung zeigt. In 100 Thln. fand Aeby:

	Zahnbein	Zahnschmelz
Calciumphosphat, [(2 PO_4Ca_3)]	91·32	93·35
Kalk, CaO	5·27	0·86
Calciumcarbonat, (CO_3Ca)	1·61	4·80
Magnesiumcarbonat, (CO_3Mg)	0·75	0·78
Eisenoxyd, Fe_2O_3	0·10	0·09
Calciumsulfat, (SO_4Ca)	0·09	0·12
Organische Substanz	27·70	3·60

F. Hoppe-Seyler's Analysen des Zahnschmelzes in verschiedenen Stadien der Entwickelung gaben nachstehende, tabellarisch zusammengestellte Resultate.

Bestandtheile	Neugeborener Mensch.			Junges Schwein	Erwachenes Schwein	Pferd	Hund	Fossiles Rhinoceros	Fossiler Elephant
	I.	II.	III.						
Anorganische Substanz	77·71	84·41	84·57	90·29	97·94	95·26	100·00	96·84	95·46
Organische Substanz	22·29	15·59	15·43	9·71	2·06	4·74	—	3·16	4·54
Calciumphosphat	67·73	75·23	76·89	82·43	85·31	84·20	89·44	85·54	82·55
Calciumcarbonat	8·41	7·18	6·00	6·71	8·97	9·17	5·39	7·78	8·38
Chlorcalcium	Spur	0·23	—	0·46	0·62	0·66	0·80	0·65	0·44
Magnesiumphosphat	1·57	1·72	1·08	1·62	2·00	1·33	4·96	1·63	2·01
Eisenphosphat	—	0·63	Spur	0·92	0·89	—	—	1·81	0·54
In Wasser lösliche Salze	—	0·35	—	0·24	0·15	—	—	0·01	Spur

Bei der Analyse des Schmelzes von Mastodon und Paläotherium, fand Hoppe-Seyler ausserdem noch etwas unlösliches Eisenoxyd. Durch die Vergleichung des Verhältnisses zwischen dem Calciumphosphat und dem an Kohlensäure, Fluor und Chlor gebundenen Calcium, kommt

man zu dem Verhältnisse 3 : 1. Auch der Apatit bietet ein ähnliches Verhältniss dar.

Trotz der grossen Festigkeit des Zahnbeines beträgt sein Wassergehalt doch immer noch mehrere Procente, bis zu 10 Proc., während der Wassergehalt des Schmelzgewebes sehr unbedeutend oder = 0 ist. Letzteres enthielte nach den Bestimmungen von Berzelius an 4 Proc. Fluorcalcium, demnach mehr als die Knochensubstanz, während Hoppe-Seyler den Gehalt des Zahnschmelzes an Fluorcalcium auf weniger als 2 Proc. schätzt; er hat aber keine genaueren Fluorbestimmungen ausgeführt.

Backenzähne scheinen durchschnittlich etwas mehr Mineralsubstanz zu enthalten als Schneidezähne (Lassaigne, v. Bibra).

Zahlreiche vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung der Zähne verschiedener Thierclassen ergaben, bei im Allgemeinen nicht sehr beträchtlichen Differenzen, in den Stosszähnen des Elephanten und Wildschweins einen beträchtlichen Mehrgehalt an organischer Materie, und bei den Pachydermen bis zu 12 Proc. Magnesiumphosphat.

II. Chemie des Knorpelgewebes.

Literatur: Mulder: Versuch einer allgem. phys. Chem. Braunschweig 1844. — Hoppe-Seyler: De cartilag. struct. Dissert. Berol. 1850. — v. Bibra: Untersuch. über Knochen und Zähne 1844. — Bödeker: Ann. d. Chem. und Pharm. CXVII, S. 111. — de Bary: Physiol. chem. Untersuchungen über Eiweisskörper und Leimstoffe. Tübingen 1864. — P. Petersen u. F. Soxhlet: Journ. f. pr. Chem. N. F. VII (1873), S. 179. — P. Baumgarten: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. S. 657.

Die Histiologen unterscheiden zwischen wahren oder hyalinen Knorpeln und zwischen Faserknorpeln.

Die wahren Knorpel bestehen aus einer homogenen, glasartig durchsichtigen oder leicht getrübten Grundsubstanz, in welcher die Knorpelzellen eingebettet sind. Die Grundsubstanz der Faserknorpel dagegen, welche ebenfalls Zellen eingeschlossen hält, ist eine deutlich faserige.

Allgemeines chemisches Verhalten

Dieser Differenz der morphologischen Constitution der Knorpel entspricht auch eine Verschiedenheit des chemischen Verhaltens.

Die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels ist Chondrigen, jene des Faserknorpels Collagen. Bei dem hyalinen und bei dem Faserknorpel ist ferner die Substanz der Knorpelzellen chemisch verschieden von der Grundmasse.

des hyalinen Knorpels,

Kocht man hyaline Knorpel, passend zerkleinert, 12 bis 48 Stunden lang bei Zutritt der Luft (Mulder), oder $^3/_4$ bis 1 Stunde lang im Papin'-

schen Digestor (Hoppe-Seyler), so wird die Grundsubstanz aufgelöst und es bleiben die Knorpelzellen nebst Gefässen und den geronnenen Albuminstoffen des Blutes ungelöst zurück. Vor dem Erkalten der so gebildeten Chondrinlösung, setzt sich der grösste Theil der ungelösten Formelemente ab. Dem entsprechend ist auch das mikrochemische Verhalten der hyalinen Knorpel. Die Knorpelzellen widerstehen der Schwefelsäure, sowie starker Aetzkalilösung ziemlich lange, ebenso können dieselben durch Maceriren des Gewebes in Salzsäure isolirt erhalten werden (Donders, Mulder, Virchow). Durch Zucker und Schwefelsäure färben sich die Knorpelzellen roth, während die Zwischensubstanz des hyalinen Knorpels dadurch gelb-röthlich wird (Schultze). Auch die Zellenmembranen lösen sich beim Kochen mit Wasser nicht oder nur sehr schwierig auf, während die Körnchen des Chondrin- oder wahren Knorpels durch das Millon'sche Reagens roth gefärbt werden. Die im hyalinen Knorpel vorkommenden Fasern endlich liefern, wie es scheint, beim Kochen mit Wasser ebenfalls kein Chondrin.

Hieraus kann man den Schluss ziehen, dass die hyalinen Knorpel aus einer chondrigenen Grundsubstanz und aus Formelementen einer anderen chemischen Zusammensetzung bestehen. Die Membranen dürften zum elastischen Gewebe zählen, während die Natur der Zellen unaufgeklärt ist. Nach ihrem Verhalten zu Zucker und Schwefelsäure könnten sie aus einem organisirten Eiweisskörper bestehen, ebenso gut möglich wäre es aber, dass diese Reaction durch in den Knorpelzellen enthaltenes Fett (Oleïn) veranlasst wäre. Färbt man Knorpelschnitte permanenter oder ossificirender Knorpel mit Anilinviolett oder mit Fuchsin und lässt dann kurze Zeit verdünnte Salzsäure einwirken, so färben sich die zellenförmigen Elemente theils rosaviolett, meist aber rein blau bei frischen hyalinen Korpeln, während an Präparaten, von der Epi-Diaphysengrenze jugendlicher Röhrenknochen der Knorpel bläulich bis schwach lila, die verkalkte Knorpelgrundsubstanz violett bis rosa, der Knochen röthlich oder auch wohl farblos, das Markgewebe aber hellblau erscheint.

des Faserknorpels.

Auch die Faserknorpel lösen sich beim Kochen mit Wasser grösstentheils auf, indem auch hier vorhandene Knorpelzellen und andere Formelemente zurückbleiben; allein die Lösung enthält einen Leim, der sich von Chondrin in mehreren Reactionen unterscheidet; sie giebt nämlich mit Gerbsäure nur einen geringen Niederschlag und mit Alaun einen starken, im Ueberschuss des Fällungsmittels unlöslichen Niederschlag, ebenso mit Platinchlorid. Lässt man auf derartige Knorpel unter dem Mikroskope Kali, Schwefelsäure oder Essigsäure einwirken, so verschwinden die Fasern anfänglich für das Auge, namentlich nach Zusatz von Wasser, kommen aber, nach Behandlung mit mehr Wasser wieder zum Vorschein. Erst bei längerer Behandlung erfolgt wirkliche Lösung. Diese Art von Faserknorpeln, die man auch wohl elastische oder Netzknorpel nennt, bestehen demnach im Wesentlichen aus elastischen Fasern, aus Knorpel-

zellen und (weshalb sie Leim geben), aus einem Reste hyaliner Zwischensubstanz.

Verschieden davon sind die eigentlichen Bindegewebsknorpel, welche aus eigentlichem Bindegewebe bestehen (Cartilag. semilunar. des Kniegelenks, Zwischengelenksknorpel u. s. w.). Diese liefern nämlich beim Kochen Glutin. Sie enthalten neben Bindegewebe einzelne Knorpelzellen und Kernfasern.

Bildung von Zucker aus hyalinem Knorpel.

Behandelt man hyaline Knorpel (Rippenknorpel), fein zerschnitten, zuerst mit sehr verdünnter Salzsäure in der Kälte, um das Gewebe von anorganischen Salzen möglichst zu befreien und kocht dann längere Zeit mit starker Salzsäure, so enthält die Flüssigkeit Chondroglykose (Fischer, Bödeker, de Bary) vgl. S. 304.

Die Knorpel enthalten ausser Chondrigen, oder respective Collagen, noch variabele Mengen von Wasser, Fett und anorganischen Salzen. Letztere bestehen aus Calciumphosphat, Magnesiumphosphat, Chlornatrium, Natriumcarbonat (in der Asche) und schwefelsauren Alkalien (in der Asche).

Die den Knorpel durchtränkende parenchymatöse Flüssigkeit ist noch nicht untersucht.

Interessant ist die von v. Bibra constatirte, fast völlige Abwesenheit der Kaliumsalze im Knorpel, während der Chlornatriumgehalt desselben gewöhnlich sehr bedeutend ist.

Quantitative Zusammensetzung.

Die quantitative Zusammensetzung der Knorpel als Ganzes betrachtet hat an und für sich einen geringen Werth, da eine mehr oder minder vollständige Entfernung der rein accessorischen Theile, auf das Resultat der Analyse von grossem Einfluss sein muss.

Der Wassergehalt der Knorpel beträgt nach den vorhandenen Bestimmungen 54 bis 70 Proc., der Gehalt an Fett der trockenen Substanz 2 bis 5 Proc.

Der Gehalt an Mineralstoffen beträgt etwa 3 bis 6 Proc. und zeigt Verschiedenheiten, die von dem Alter abhängig zu sein scheinen. So fand v. Bibra in den Rippenknorpeln:

eines Kindes	von	6	Monaten	2·24	Proc.	Asche	
„ „	„	3	Jahren	3·00	„	„	
„ Mädchens	„	19	„	7·29	„	„	
„ Weibes	„	25	„	3·92	„	„	
„ Mannes	„	20	„	3·40	„	„	(Fromherz u. Gugert).
„ „	„	40	„	6·10	„	„	

Quantitative Analysen der anorganichen Bestandtheile menschlicher Rippenknorpel wurden von v. Bibra ausgeführt. Wir stellen die erlangten Resultate tabellarisch zusammen.

Quantitative Zusammensetzung der Knorpelasche.

In 100 Theilen Asche	Rippenknorpel				
	Kind von ½ Jahr	Kind von 3 Jahren	Mädchen von 19 Jahren	Weib von 25 Jahren	Mann von 40 Jahren
Calciumphosphat	20·86	21·33	5·36	6·33	13·09
Calciumsulfat	50·68	48·68	92·41	87·32	79·03
Magnesiumphosphat . .	9·88	8·88	0·99	4·10	3·78
Natriumsulfat	9·21	10·93	1·24	0·95	1·22
Natriumphosphat	Spur (Natriumphosphat und Natriumcarbonat)	3·00	Spur	Spur (Natriumphosphat und Natriumcarbonat)	0·93
Natriumcarbonat		—	—		Spur
Chlornatrium	9·37	7·18	Spur	1·30	1·95

Es versteht sich von selbst, dass man aus der Zusammensetzung der Asche auf die Vertheilung der Mineralstoffe in dem unzerstörten Knorpel keinen Schluss ziehen darf. Die enorme Quantität von Calciumsulfat muss, die Richtigkeit der Analysen vorausgesetzt, jedenfalls so gedeutet werden, dass ein grosser Theil der Schwefelsäure von dem Schwefel des Chondrigens, und der Kalk von einem Gehalte des Knorpels an mit der organischen Substanz verbundenem Kalke stammt.

In 100 Thln. des frischen Knorpels vom Haifisch fanden Petersen und Soxhlet 25 Thle. Trockenrückstand, welcher 68·89 Proc. Asche hinterliess, demnach ausserordentlich viel mehr, als für den menschlichen Knorpel gefunden wurde. In der Asche fanden Petersen und Soxhlet: Chlornatrium 94·24 Proc., Natron 0·79 Proc., Kali 1·64 Proc., Kalk 0·40 Proc., Magnesia 0·05 Proc., Eisenoxyd 0·27 Proc., Phosphorsäure 1·03 Proc., Schwefelsäure 1·88 Proc. Für den frischen Knorpel des Haifisches berechnen sie:

Wasser	74·20
Organische Stoffe	8·03
Anorganische Salze . . .	17·77

Von den letzteren beträgt das Kochsalz 16·69 Gewichtstheile.

III. Chemie des Bindegewebes und elastischen Gewebes.

Literatur: J. E. Schlossberger: Versuch einer allgem. u. vergl. Thierchemie. Leipzig und Heidelberg 1856, S. 105 bis 225. — W. Müller: Zeitschr. f. rat. Medicin 3. R. Bd. X, Heft 2, S. 173. — Rollet: Sitzungsber. d. Wiener Akad. Math. naturw. Classe. Bd. XXXIX, S. 308. — C. Voit: Zeitschr. f. wissensch. Zoologie Bd. XV, S. 515. — E. Eichwald: Annal. d. Chem. u. Pharm. CXXXIV, S. 177. — A. Schmidt: Arch. f. Anat. und Phys. 1861, S. 545, 675. — Derselbe: Ebenda 1862, S. 428, 533. — P. Bruns, Med. chem. Untersuch. von Hoppe-Seyler II, 260. — Schulze und Reinecke: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXLII, S. 191. — Münz: Compt. rend. LXXVI, 1024. — Hilger: Arch. f. Physiol. X, 212. — Kühne: Verhandl. d. naturh. med. Ver. zu Heidelberg. I, 5tes Heft. — J. Forster: Schultze's Arch. f. mikroskop. Anat. 1877.

Bindegewebe.

Die einzelnen Formen des **Bindegewebes** zeigen je nach der Art, dem Alter, der Function und je nach der Thierclasse, ausserordentliche Verschiedenheit des morphologischen und chemischen Verhaltens.

Chemische Bestandtheile und

Als histiologische Elemente des Bindegewebes sind die Grundsubstanz, die eingestreuten Zellengebilde und die elastischen Fasern zu betrachten. Diese drei Substanzen sind chemisch different, doch ist man weit davon entfernt, die chemische Natur derselben genau zu kennen. Der Hauptbestandtheil des streifigen Bindegewebes ist **Collagen**, ausserdem enthält dasselbe: aus einer nichtleimgebenden Substanz bestehende Formelemente (Bindegewebszellen, Spiral-, Kern-, elastische Fasern), anderweitige accessorische Einlagerungen (s. unten), ein in Wasser unlösliches **Albuminoïd**, welches aus Sehnen durch Kalkwasser extrahirt werden kann, identisch mit **Eichwald's Mucin** — **Mineralstoffe** und **Fett**. Im Interstitialsafte des Bindegewebes, der mittleren Arterienhaut, des elastischen Gewebes und in den Gewebszellen der Hornhaut findet sich endlich **Paraglobulin (fibrinoplastische Substanz)**.

allgemeines chemisches Verhalten.

Das wichtigste chemische Merkmal des streifigen Bindegewebes der Wirbelthiere ist seine allmähliche Löslichkeit (d. h. seiner Grundsubstanz) in kochendem Wasser, welches dann Glutin enthält (vergl. S. 141).

Ausser den Bindegewebszellen, den Spiral-, Kern- und elastischen Fasern, sowie etwaigen fremden Einlagerungen, bleibt nach **Zellinsky** auch ein Theil der Grundsubstanz ungelöst, was aber der Bestätigung bedarf. Wird Bindegewebe in kochendes Wasser gebracht, so schrumpft es anfangs etwas zusammen, quillt aber bald gallertig auf und löst sich dann bei fortgesetztem Kochen unter Zurücklassung der angeführten Elemente. Der in kochendem Wasser unlösliche Rückstand enthält einen in seiner Elementarzusammensetzung mit den Eiweissstoffen überein-

stimmenden Körper, der mit Schwefelsäure behandelt, Glycin liefert, und sich in ammoniakalischer Zinklösung löslich erweist (Münz). Durch Quecksilberchlorid, Alaun, basisch-schwefelsaures Eisenoxyd, Gerbsäure wird es verändert, contrahirt und verliert seine Fäulnissfähigkeit. Durch Kochen mit verdünnten Säuren wird es noch weit schneller in Glutin verwandelt, als beim Kochen mit reinem Wasser. In concentrirter Essigsäure quillt es gallertig auf, so dass es unter dem Mikroskope undurchsichtig wird, allein es wird dadurch nicht aufgelöst; denn wäscht man das Präparat mit Wasser aus, oder neutralisirt die Säure mit Ammoniak, so treten die Fasern in ihrer früheren Form wieder hervor. Da die Bindegewebsfasern durch Essigsäure unsichtbar werden, die elastischen Fasern aber nicht, so bedient man sich dieses Reagens, um die Gegenwart elastischer Fasern unter dem Mikroskope zu constatiren. Kaustische Alkalien wirken ähnlich wie die Säuren, bewirken aber bei längerer Einwirkung schon in der Kälte wahre Lösung.

Behandelt man sorgfältig mechanisch gereinigte Sehnen mit kaltem destillirten Wasser und presst aus, so erhält man eine neutral reagirende gelblich gefärbte Flüssigkeit, die eine geringe Menge gewöhnlichen Serumalbumins, ausserdem aber Alkali-Albuminat enthält.

Albumin-ähnliche Körper aus Sehnen.

Aus Sehnen, die vorher von allen in Wasser löslichen Stoffen möglichst befreit sind, nimmt Kalkwasser einen eigenthümlichen Eiweisskörper auf; die Lösung desselben in Kalkwasser giebt mit verdünnter Salz-, Salpeter- und Essigsäure einen weissen flockigen, im Ueberschusse der Fällungsmittel unlöslichen Niederschlag. Die durch die genannten Säuren erzeugten Niederschläge lösen sich in concentrirter kochender Salpetersäure mit gelber Farbe auf; in der salpetersauren erkalteten Lösung bewirkt Ammoniak eine tief orangegelbe Färbung. In concentrirter kochender Salzsäure lösen sie sich ebenfalls, und die Lösung färbt sich beim Stehen an der Luft allmählich violett. Mit Zucker und Schwefelsäure färbt sich die Substanz an der Luft allmählich roth, purpur- bis dunkelviolett.

Die durch Fällung mit Salzsäure aus der Kalkwasserlösung gewonnene Substanz, mit Wasser sorgfältig ausgewaschen, ist aschenfrei, in Wasser, Alkohol und Aether unlöslich. Auf dem Platinblech verbrennt sie mit dem bekannten Geruch der Eiweisskörper. In der salzsauren Lösung der Substanz aber erzeugt Ferrocyankalium keine Fällung.

Behandelt man die gereinigte Substanz mit concentrirter Essigsäure, so wird sie etwas durchscheinend, bei grossem Ueberschuss der Säure erfolgt feine Vertheilung; kocht man, so ballt sich das Ungelöste zu grösseren Flocken zusammen, das klare Filtrat giebt mit Ferrocyankalium schwache Trübung. Dieses Verhalten zeigt die fragliche Substanz aber nur im frisch gefällten Zustande. In Kali, Natron, Ammoniak und in Barytwasser ist das durch Kalkwasser aus den Sehnen ausgezogene Albuminat leicht löslich. Wenn man die hinlänglich gereinigte Substanz in Wasser aufschwemmt und mit einem in Kali getauchten Glasstabe

umrührt, so löst sich sogleich ein beträchtlicher Theil der Substanz auf. Wiederholt man nach einiger Zeit den Zusatz von Kali und fährt damit so lange fort, bis nur noch ein kleiner Theil ungelöst ist, so erhält man durch Filtration eine vollkommen neutral reagirende Lösung, aus welcher Essigsäure, Phosphorsäure, Salzsäure und Salpetersäure die unveränderte Substanz fällen. Weingeist erzeugt einen Niederschlag, der in Wasser löslich ist, Gerbsäure eine geringe Trübung, Sublimatlösung bewirkt keine Fällung (Rollet). Dieser Körper stimmt in seinen Eigenschaften, wie Eichwald gezeigt hat, mit dem von ihm aus Weinbergschnecken und verschiedenen Geweben höherer Thiere dargestellten Mucin vollkommen überein.

Die Zusammensetzung der reinen Grundsubstanz ist unbekannt, da bisher Mittel zu ihrer vollkommenen Reinigung fehlen. Wenn daher das durch Wasser, Alkohol und Aether gereinigte Bindegewebe bei der Elementaranalyse Zahlen giebt, welche mit den aus Glutin erhaltenen übereinstimmen, so kann dieses Ergebniss nach den Beobachtungen von Rollet nur so viel beweisen, dass die Zusammensetzung der verschiedenen Elemente des Bindegewebes eine jener des Glutins so ähnliche ist, dass dadurch das Gesammtresultat nicht wesentlich alterirt wird; oder, dass die Hauptmasse des Bindegewebes, die leimgebende Grundsubstanz, dem Glutin wirklich isomer ist und die Gemengtheile von abweichender Zusammensetzung der Menge nach so sehr zurücktreten, dass sie auf das Resultat der Analyse höchstens einen innerhalb der Beobachtungsfehler liegenden Einfluss äussern können.

Zur Isolirung der den verschiedenen Arten des Bindegewebes und Horngewebes eigenthümlichen Formelemente eignet sich nach Kühne's Versuchen sehr gut die Verdauung derselben durch Trypsin, das Enzym der Bauchspeicheldrüse. Sie kann daher als histiologische Methode verwerthet werden.

Nach den Untersuchungen von Virchow, v. Wittich und His bilden die geformten, durch hohle Ausläufer unter sich anastomosirenden Zellen der Bindegewebssubstanz, ein grosses zusammenhängendes Höhlen- oder Röhrensystem, mit einer eigenthümlichen Flüssigkeit gefüllt. Lässt man in Sehnen Indigchromogen durch Capillarität aufsteigen, so findet man an hernach getrockneten und mit Essigsäure aufgequollenen Präparaten, in den mit dem Längsdurchmesser der Sehnen parallel laufenden Bindegewebszellen feinkörnige blaue Niederschläge, die ein zierliches Netzwerk bilden.

Chemisches Verhalten der Hornhaut.

Ein von dem streifigen Bindegewebe abweichendes chemisches Verhalten, zeigt das Gewebe der Hornhaut. Die Leimlösung aus der Cornea, deren Zellen auch nach langem Kochen ungelöst bleiben, verhält sich nicht wie eine Glutinlösung, sondern ähnlich wie eine Chondrinlösung. Dieselbe ist opalisirend, von schwach alkalischer Reaction, besitzt bedeutende Klebkraft und verhält sich gegen Reagentien wie folgt:

Alkohol bewirkt in der concentrirten Lösung einen in Wasser löslichen Niederschlag, Essigsäure im minimo fällt weisse Flocken, die beim Stehen oder Erwärmen zu hellen Tropfen zusammentreten und im Ueberschusse der Säure, sowie in Salzlösungen leicht löslich sind. Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure erzeugen ebenfalls im Ueberschusse der Säure leicht lösliche Niederschläge. Beim Kochen mit concentrirter Salzsäure liefert der Leim aus der Hornhaut keinen Knorpelzucker oder Chondroglykose (Bruns). Die Niederschläge durch Alaun, Bleizucker, Eisenvitriol, Kupfervitriol lösen sich im Ueberschusse des Fällungsmittels wieder auf, nicht so die mit Quecksilberchlorid, Gerbsäure, Platinchlorid. Bleiessig und Alkalien geben keine Fällung.

Durch Extraction der Cornea mit gesättigter Chlornatriumlösung und Fällen der Lösung mit viel Wasser erhielt Bruns einen Niederschlag, der in verdünnter Chlornatriumlösung (nicht über 10procentig) und in salzsäurehaltigem Wasser (1 pr. m Säure) löslich war und sich dabei allmählich in Syntonin verwandelte. Bruns schliesst hieraus, dass die Hornhaut Myosin enthalte, und zwar als Bestandtheil der contractilen Hornhautzellen. Ausser dem Myosin nimmt Bruns in der Hornhaut noch einen zweiten Eiweisskörper an, welcher der eigentlichen Hornhautsubstanz angehört und darin in Lösung imbibirt ist, nämlich Alkalialbuminat. Nach A. Schmidt enthält das Wasserextract der Hornhaut fibrinoplastische Substanz und ruft in Fibrinogen enthaltenden Transsudaten Gerinnung hervor. Durch Kohlensäure wird es schnell und stark getrübt. Entfernt man diese Trübung, so wird es fibrinoplastisch unwirksam. Bringt man eine frische Hornhaut in eine gerinnbare concentrirte Flüssigkeit, so gerinnt dieselbe nur langsam und unvollkommen; schnell und erschöpfend aber, wenn man statt der Hornhaut in Substanz, das Wasserextract derselben zusetzt.

Behandelt man die Hornhaut mit Essigsäure, so wird sie anfangs durchsichtig, später unter Quellung gallertig; aber auch bei sehr langem Maceriren damit löst sich die Grundsubstanz nicht auf, wohl aber bewirken bei längerer Maceration Mineralsäuren vollständige Lösung. Verdünnte Mineralsäuren besitzen dieses Vermögen nicht, hat man aber Cornea längere Zeit mit verdünnten Mineralsäuren macerirt, so löst dann kochendes Wasser die Grundsubstanz in kürzester Zeit auf. Diese Lösungen werden durch Ferridcyankalium gefällt, was bei dem allein durch Wasser gewonnenen Hornhautleim nicht der Fall ist. Die Mineralbestandtheile der Hornhaut bestehen vorzugsweise aus Alkalisalzen; die Asche reagirt alkalisch und braust mit Säuren; ebenso auch die Asche des Hornhautleims und der von ihm getrennten Zellen.

Verschieden von dem gewöhnlichen Bindegewebe verhalten sich ferner das embryonale Bindegewebe (auch das der Cornea) und das homogene Bindegewebe vieler Wirbellosen.

Embryonales Bindegewebe.

Embryonale Gewebe geben keinen Leim; das durch Kochen mit Wasser aus solchen Geweben gewonnene Extract verhält sich in seinen

Reactionen dem Schleimstoff und dem Pyin ähnlich; daraus hat man Veranlassung genommen, für das embryonale und für das Bindegewebe einiger Wirbellosen den Namen Schleimgewebe vorzuschlagen. In diesen Geweben ist statt der leimgebenden Grundmasse eine gallertige oft halbflüssige, oft ganz durchsichtige Substanz enthalten, die bald aus einem Eiweisskörper besteht, bald wieder ganz eigenthümlich ist. Zuweilen enthält sie Schleimstoff, zuweilen Körper von abweichenden Reactionen. Hierher gehören wenigstens zum Theil auch die Colloidmasse und die Gallertsubstanz des sogenannten elektrischen Schwanzorgans von Raja oxyrhynchus. Das Gallertgewebe der Medusen enthält weder Collagen, noch Schleimstoff, noch endlich einen wirklichen Eiweisskörper. In dem Mantel von *Unio margaritifer*, *Anadonta cygnea*, den Muskeln von *Sepia officinalis*, der getrockneten Haut von *Sepia officinalis* und *Eledone moschata*, endlich in dem Kopfknorpel von Cephalopoden vermochte auch J. Forster Glutin nicht nachzuweisen und trat in keinem Falle Gallertbildung in den eingeengten Extracten ein.

Bezüglich der Zersetzungsproducte, welche collagene Gewebe resp. Glutin und chondrigene Gewebe resp. Chondrin, mit kaustischen Alkalien und mit verdünnter Schwefelsäure geben, vergl. S. 141 und 144.

Chemische Entwickelung des Bindegewebes.

Ueber die chemische Entwickelung des Bindegewebes von Drummond gemachte Angaben sind nur mit Vorsicht aufzunehmen. Nach ihm ist die Grundmasse, in der die ursprünglichen Bildungskugeln liegen, Albumin, auch die Körnchen, die in der Nähe der letzteren abgelagert sind, bestehen nach ihm aus einem Eiweisskörper, weil Essigsäure, Weinsäure, Salzsäure sie zuerst aufquellen machen, dann vollständig lösen, Jod und Chromsäure sie gelb, Millon's Reagens sie dagegen roth färbt. Kocht man die ganze Masse des Blastems, so findet sich im Filtrat keine Spur von Leim. Auch die ersten Bindegewebsfasern sollen noch aus Eiweisskörpern bestehen und erst mit ihrer Weiterentwickelung allmählich ihren Charakter ändern, aber sehr spät Leim liefern.

Elastisches Gewebe.

Elastisches Gewebe. Der chemische Charakter der elastischen Gewebe ist ein, von jenem des Bindegewebes wesentlich verschiedener. Doch herrschen darüber noch mannigfache Widersprüche. Als ausgemacht ist es anzusehen, dass sie beim Kochen mit Wasser keinen Leim, weder Glutin noch Chondrin liefern, dass ihre Grundmasse demnach weder eine collagene noch chondrigene ist.

Reindarstellung desselben.

W. Müller ist es gelungen, das elastische Gewebe aus dem Nackenbande des Pferdes reiner darzustellen, als es bis dahin geschehen war und selbes namentlich aschen- und schwefelfrei zu erhalten. Vergl. Elastin S. 140.

Man kocht frisches, sorgfältig präparirtes Nackenband mit einer Mischung von Alkohol und Aether längere Zeit, und hierauf mindestens einen Tag lang mit Wasser; dadurch entfernt man das Fett und den grössten Theil des im Nackenbande enthaltenen Bindegewebes. Dann kocht man einen Tag mit ziemlich concentrirter Essigsäure und dann

wieder mit Wasser, um die Essigsäure zu entfernen. Man bringt nun die Substanz in eine mässig verdünnte Kalilösung und kocht damit so lange, bis sie anfängt, etwas zu quellen. Man giesst die gelblich gefärbte kalische Flüssigkeit ab, fügt Wasser mit etwas Essigsäure zu, kocht neuerdings, und wiederholt die Behandlung mit Wasser so lange, bis alle saure Reaction verschwunden ist. Endlich zieht man das Gewebe 24 Stunden lang mit kalter ziemlich concentrirter Salzsäure aus, giesst die Säure ab und wäscht mit vielem destillirten Wasser vollständig aus, indem man so lange mit erneuerten Mengen des letzteren kocht, bis selbes nach dem Verdampfen keine Spur eines Rückstandes hinterlässt.

Chemisches Verhalten.

So dargestelltes elastisches Gewebe ist getrocknet eine spröde, gelbliche, deutlich faserige Substanz. In Wasser quillt dieselbe auf und zeigt, mikroskopisch untersucht, noch die wohl erhaltenen elastischen Fasern. Mit wässerigem Ammoniak und verdünnter Essigsäure quillt die Substanz gleichfalls. In Wasser ist sie vollkommen unlöslich, selbst bei mehrtägigem Kochen, ebenso in concentrirter kochender Essigsäure, in Alkohol und Aether. Mit concentrirter reiner Salpetersäure färbt sie sich blassgelb, während sie zugleich gallertig aufquillt; auf Zusatz von Ammoniak wird die Färbung gelbroth, bei längerer Einwirkung der Salpetersäure wird die Substanz immer mehr schleimig unter Gasentwickelung. Mit concentrirter Kalilösung gekocht, löst sie sich unter bräunlicher Färbung, die Lösung mit Schwefelsäure neutralisirt und eingedampft, gelatinirt nicht und wird durch Säuren mit Ausnahme von Gerbsäure nicht gefällt. Auf dem Platinblech verbrennt die Substanz ohne Rückstand.

Ueber die Elementarzusammensetzung des so gereinigten Gewebes vergl. S. 140.

Bei der Zersetzung des elastischen Gewebes mit verdünnter Schwefelsäure erhält man neben reichlichen Mengen von Leucin geringe Mengen von Tyrosin, Ammoniak, und daneben, wie es scheint, auch noch einen nicht krystallisirbaren, durch Bleiessig fällbaren Körper.

Quantitative Analyse.

Quantitative Zusammensetzung des Binde- und elastischen Gewebes. Von einer solchen, wenn darunter nicht die elementare Zusammensetzung verstanden wird, kann nur insoferne die Rede sein, als es sich dabei um die näheren Bestandtheile der Gewebe, so wie sie sind, also um gewissermaassen theils accessorische und theils wesentliche handelt. Es liegen quantitative Analysen vor über die mittlere Arterienhaut (elastisches Gewebe), über menschliche Lederhaut, und das Gewebe der Cornea (Bindegewebe); sie sind jedoch der mangelhaften Methoden wegen bei dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft von keinem besonderen Werthe. Nach diesen Analysen schwankt der Wassergehalt dieser Gewebe von 57·5 bis 75·9 Procent.

Einlagerungen in die Bindegewebe.

Einlagerungen in die Bindegewebe. Grosse und zahlreiche Veränderungen können die Bindegewebe dadurch erleiden, dass bald in ihre Grundsubstanz, bald in ihre Zellen, zuweilen selbst in beide Mate-

rien eingelagert werden, die nicht wesentlich zum Begriff des Bindegewebes gehören. Für einzelne Localitäten des Bindegewebes sind solche Einlagerungen oft ganz charakteristisch, zuweilen trifft man sie nur in ganz bestimmten Lebensperioden, oder nur bei gewissen Thierclassen und Arten.

Es gehören hierher:

a. Einlagerungen von Fettzellen: Fettzellgewebe.

Fettzellgewebe.

Die Thierfette kommen fast überall, wo sie selbständig und frei auftreten, in Zellen eingeschlossen vor und zwar theils in besonderen Zellen, die dem Bindegewebe nur beigeordnet sind, theils in Zellen, welche nichts anderes sind, wie mit Fett erfüllte, zum Theil etwas umgewandelte Bindegewebskörperchen. Der Inhalt der Fettzellen besteht nie ausschliesslich aus Fett, doch ist es der vorherrschende Bestandtheil desselben. Eine genauere Kenntniss der übrigen Bestandtheile fehlt. Chevreul fand im Schweinefett eine ekelhaft schmeckende und riechende Materie und Chlornatrium nebst anderen Salzen.

Nicht selten beobachtet man Krystalle in den Fettzellen und zwar um so häufiger, je reicher das darin eingeschlossene Fett an starren Fetten und je niedriger die Temperatur ist, bei welcher die Untersuchung stattfindet. Die Krystalle bilden wandständige oder centrale Drusen, zuweilen erfüllen sie den ganzen Zellenraum. Durch ihre Unlöslichkeit in Wasser und in Säuren, durch ihre Löslichkeit in Aether geben sie sich als Fett zu erkennen.

Aether oder heisser Alkohol entzieht den Fettzellen das Fett und hinterlässt eine gefärbte Hülle. Durch Essigsäure, Mineralsäuren, Kali wird häufig ein tropfenweises Austreten des Fettes bewirkt, ohne dass die Membran verschwindet; zuweilen löst sich dieselbe allmählich auf, in anderen Fällen widersteht sie hartnäckig. Mulder und Donders glauben an den Fettzellen des Schweines und Schafes zweierlei Hüllen annehmen zu dürfen, von denen die äussere in Kali löslich sei und die Zellen untereinander verbinde, während die innere, sogar 80procentiger erhitzter Kalilauge und kochender Essigsäure widerstehe.

Von freien Fetttropfen unterscheiden sich die Fettzellen dadurch, dass erstere meist am selben Objecte in sehr verschiedener Grösse auftreten, häufig zusammenfliessen, mehr Scheiben als Kugeln darstellen und hellere Contouren zeigen. Bei Behandlung mit Aether verschwinden erstere ganz, während die Fettzellen ihre Hülle hinterlassen.

Nach den Untersuchungen von Schulze und Reinecke steht der Wassergehalt des Fettgewebes in bestimmter Beziehung zum Gehalte an Membranen; er steigt und fällt mit letzterem, wie nachstehende Zusammenstellung zeigt:

Fettgewebe des	Wassergehalt	Membran
Hammels	5·8	1
Ochsen	6	1
Schweins	4·7	1

Der Fettgehalt des Fettgewebes betrug beim Hammelfett zwischen 79·56 bis 94·51, der Membrangehalt zwischen 0·77 bis 4·03 Proc.; beim Fettgewebe des Ochsen kamen auf Fett 90 bis 94 Proc. Das Fettgewebe der Brust zeigte aber ein wesentlich verschiedenes Verhältniss; es enthielt nämlich über 30 Proc. Wasser, 0·8 bis 4·88 Proc. Membran und nur 64·27 Proc. Fett. Schweinefettgewebe enthielt zwischen 88 bis 97 Proc. Fett, und 0·93 bis 2·12 Proc. Membranen.

In der trocknen vollkommen entfetteten Membran des Fettgewebes fanden Schulze und Reinecke einen in siedendem Wasser löslichen und nach dem Erkalten der concentrirten Lösung gelatinirenden Stoff, wahrscheinlich Glutin, und einen in Wasser auch beim Kochen völlig unlöslichen, vielleicht identisch mit elastischem Gewebe.

In 100 Thln. der Membran fanden sie bei der Elementaranalyse:

	Hammel	Rind	Schwein
Kohlenstoff	50·44	50·84	51·27
Wasserstoff	7·19	7·57	7·25
Stickstoff	15·39	15·85	15·87
Sauerstoff	26·09	25·19	24·88
Asche	0·89	0·55	0·73

Vor der Extraction der Membran mit Wasser und sehr verdünnter Salzsäure enthielt die Membran bis zu 6·27 Proc. Asche.

b. Einlagerungen von Knochensalzen.

Einlagerungen von Knochensalzen.

Es gehören hierher die Bindegewebsknochen und die Schuppen gewisser Fische (*Polypterus bichir*), das Schildpatt und die Geweihe verschiedener Thiere.

c. Einlagerungen von Krystallen organischer Natur.

Hierher gehören die silberglänzenden unter dem Mikroskope dem Cholesterin ähnlichen Krystalle, welche die Wandungen der Schwimmblase von Argentina Sphyraena überziehen. Sie bestehen nach der Untersuchung von C. Voit aus Guanin.

d. Einlagerungen von Pigmenten

Einlagerung von Pigmenten.

in Gestalt von amorphen Körnern in Flüssigkeiten (Wasser oder Fett) gelöst, festen Stoffen anhaftend und dieselben durchdringend und endlich in Krystallen. Es gehören hierher die Pigmentablagerung in die eigentlichen constituirenden Bindegewebszellen, die accidentellen Pigmentzellen der Bindegewebe, die Pigmenthaufen im Kerne (Leydig) bei den Embryonen von Paladina, bei Piscicola, im Parenchym der Choroidea, in den Chromatophoren der Cephalopoden (Kölliker) und in pathologischen Neubildungen, das freie Körnchenpigment in der Lederhaut der Cephalophoren, das Pigment als durchtränkende Flüssigkeit in den Hodenbläschen von Piscicola (Leydig), die an Erden gebundenen Pigmente bei den Mollusken, im Panzer der Crustaceen u. s. w.

Die Schnäbel und Füsse gewisser Vögel enthalten ein gelbes Fett in Form kleiner Tröpfchen, die sich in Aether und heissem Alkohol lösen. Es ist ein unmittelbares Secret der Cutis und findet sich am dichtesten um die Cutispapillen.

Goebel fand das Roth der Taubenfüsse in Aether und absolutem Alkohol mit carminrother Farbe löslich; beim Verdunsten der Lösung hinterbleibt es als eine rothe Masse von Talgconsistenz. In Wasser war es vollkommen unlöslich und schwamm auf heissem Wasser in kleinen rothen Fetttropfen, die nach dem Erkalten talgartig erstarrten. In Kali war es löslich und wurde aus der kalischen Lösung durch Säuren unverändert gefällt; auch in alkalisch gemachten Oelen war es mit rother Farbe löslich. Aus dem ganzen Verhalten geht hervor, dass das Pigment in einem flüssigen Fette gelöst ist, so dass die angegebenen Reactionen zum grossen Theil auf dieses bezogen werden müssen. Ueber die rothen Farbstoffe der „Rose“ des Auer- und Birkhahns, und in den Flügelfedern des Pisamfressers: Tetronerythrin und Turacin, vgl. S. 315.

Von dem gefärbten Fette, welches man häufig unter dem Panzer der grösseren Crustaceen antrifft, ist nur das Pigment des Flusskrebses etwas näher untersucht. Aus den Schalen zieht siedender Alkohol ein Pigment aus, welches dem Alkohol eine rothe Färbung ertheilt. Nach dem Verdunsten der Lösung bleibt ein talgartiger, in Wasser unlöslicher, in Aether löslicher Rückstand. Die alkoholische Lösung mit Alaun und Ammoniak versetzt, giebt eine Lackfarbe, von Bleizucker wird sie violett gefällt. Schwefelsäure und Salpetersäure färben die Lösung grün, ohne dass bei nachheriger Neutralisation die rothe Farbe wieder hervortritt. Kalilauge löst das Pigment mit rother Farbe (Macaire, Lassaigne).

Die rothen Pigmentkörner in dem Panzer mancher grösserer Crustaceen sind unregelmässige Körperchen; die blauen dagegen säulenför-

mige Krystalle, welche durch Säuren und Hitze zerstört, von Alkohol aber langsam gelöst werden (Focillon, Leydig).

e. Ein- und Auflagerungen von kohlensauren Erden und von Kieselerde.

Einlagerung von kohlensauren Erden und von Kieselerde.

Derartige Einlagerungen finden bei sehr vielen Wirbellosen, bis hinauf zu den Cephalopoden statt. Dieselben sind chemisch charakterisirt, einerseits durch einen vorwiegenden Gehalt an anorganischen Stoffen, unter welchen die kohlensauren Erden weit über die phosphorsauren vorwiegen, andererseits durch das Fehlen einer leimgebenden organischen Grundlage. Obgleich zunächst bei den Wirbellosen heimisch, kommen solche Einlagerungen unter pathologischen Verhältnissen auch bei Wirbelthieren vor.

Ihr anorganischer Theil enthält nie ausschliesslich Calciumcarbonat, aber immer vorwiegend; ausserdem enthält er Magnesiumcarbonat, phosphorsaure Erden, Fluormetalle, Gyps, Kieselerde, Eisenoxyd, auch wohl minimale Mengen von Alkalisalzen. Die Kalkablagerungen finden sich endlich entweder auf den Körperwandungen, oder im Innern der Organe und Gewebe.

Es gehören hierher unter anderen: Die Kalkablagerungen der Polypen und Bryozooen (Kalkspindeln, Kalknadeln, kalkige Asche der Coralliden), die Panzer der Infusorien (kalkschalige, kieselschalige), die Kalkablagerungen in der äusseren lederartigen Haut der Echinodermen (Echinodermenskelett), die Ablagerungen in dem äusseren Skelett der Mollusken, der Molluskenschalen (Muschelschalen, Schneckengehäuse), die Kalkpanzer der Crustaceen, u. s. w.

In der Asche der Holothurienhaut fand A. Hilger: Chlornatrium, Natriumsulfat, Calciumsulfat (reichlich), Kieselerde, Calciumcarbonat, Magnesiumcarbonat, Calciumphosphat und Eisen. Drei Proben lieferten 5·5, 4·6 und 4·41 Proc. Asche. 100 Theile der letzteren enthielten 6·364 Proc. in Wasser Lösliches: 4·47 SO_4Na_2, 0·83 $NaCl$ und 1·04 SO_4Ca und 93·632 Proc. in Salzsäure Lösliches: 78·96 CO_3Ca, 12·10 CO_3Mg, 0·96 $2(PO_4)Ca_3$, 1·02 F_2O_3 und 0·57 SiO_2.

Unter den Mineralbestandtheilen der Phallurien, Salpen und Ascidien fehlen die Carbonate der alkalischen Erden vollständig.

Eine vollständige Zusammenstellung der zahlreichen quantitativen Analysen der Korallen, Gehäuse, Schalen und Kalkablagerungen bei den Wirbellosen findet man in dem unter der Literatur aufgeführten Werke von Schlossberger.

IV. Chemie des Horngewebes.

Literatur: Mulder, Vers. einer allgem. phys. Chem. 1844, S. 542. — Schlossberger, Vers. einer allgem. u. vergl. Thierchemie 1856, S. 265 (enthält sehr vollständige Literaturangaben und eine vollständige Monographie des Horngewebes). — A. Schmidt, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1862, S. 428. 533. — Grothe, Journ. f. prakt. Chem. Bd. LXXXIX, S. 420. — v. Gorup-Besanez, Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. LXVI, S. 321. — Mulder, Physiol. Chem. Bd. II, S. 570. — v. Bibra, Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. XCVI, S. 295. — Jüdell, Med. chem. Untersuch. v. Hoppe-Seyler III, S. 438. — Church, Zeitschr. f. Chem. 1869, S. 445. — Laptschinsky, Arch. f. Physiol. XIII, S. 631.

Wir zählen hierher die, von neueren Histiologen auch wohl getrennt abgehandelten Gewebe der Epidermis, der Nägel (Klauen und Hufe), der Hörner, der Haare und Schuppen, gewisser innerer Horngebilde und endlich der Krystalllinse des Auges.

Chemische Bestandtheile.

Als die chemische Grundsubstanz aller dieser Gewebe betrachtet man das Keratin; allein es wurde bereits Seite 137 auseinandergesetzt, dass das Keratin keineswegs ein chemisch scharf individualisirter Stoff, sondern eben der Rückstand ist, welchen man erhält, wenn man Horngebilde mit Wasser, Alkohol und Aether auszieht, und der allerdings eine gewisse Aehnlichkeit, aber durchaus keine völlige Uebereinstimmung in seiner Zusammensetzung (namentlich nicht bezüglich des Stickstoff- und Schwefelgehaltes) zeigt, wie sich dies aus den Seite 137 mitgetheilten Analysen ergiebt. Im Verhältnisse zu jenem der eigentlichen Eiweisskörper, tritt bei den Horngeweben der Schwefel mehr hervor. In welcher Form er darin enthalten ist, ist völlig unaufgeklärt.

Das allgemeine chemische Verhalten der Horngewebe ist nachstehendes.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Die Horngewebe sind unlöslich in kaltem Wasser; kochendes Wasser bewirkt Erweichung und Auflockerung des Gewebes, zieht gewisse, wahrscheinlich accessorische extractartige Bestandtheile aus, lässt aber die Hauptmasse desselben (namentlich die Zellhäute und Kerne) ungelöst. War das Gewebe vorher durchscheinend, so wird es durch das Kochen weiss und undurchsichtig. In zugeschmolzenen Glasröhren mit Wasser längere Zeit auf 200° C. erhitzt, werden einige hierher gehörige Gewebe völlig aufgelöst (Federn, Haare). — In Alkohol und Aether ist das Horngewebe als solches ebenfalls unlöslich, doch nehmen diese Menstruen daraus, in allen Horngebilden als Gemengtheil vorkommendes Fett auf. Essigsäure zeigt bei gewöhnlicher Temperatur keine oder nur sehr geringe Einwirkung; bei sehr langem Kochen mit

concentrirter Säure wird ein Theil des Gewebes gelöst (Berzelius); werden dagegen Haare, Nägel, Igelstacheln, Schuppen (von Schlangen) mit Eisessig in zugeschmolzenen Röhren auf 120° erhitzt, so geht der grösste Theil des Gewebes in Lösung. Die so erhaltenen Lösungen trüben sich auf Wasserzusatz, und werden durch Neutralisation mit Alkalien gefällt; ein Ueberschuss von Natronlauge löst den Niederschlag nicht; Kupfersulfat giebt in der alkalischen Lösung violette Färbung, und es zeigt der durch Neutralisation der essigsauren Lösung erhaltene Niederschlag gegen Salpetersäure und Ammoniak das Verhalten der Eiweisskörper. Die essigsaure Lösung der Haare enthält Schwefelwasserstoff (Jüdell).

Auch Schwefelsäure, selbst concentrirte, greift die Horngewebe schwierig an. In kalter concentrirter Schwefelsäure bleiben sie entweder ganz unverändert, oder es quellen nur die Zellen auf, beim Erwärmen tritt dieses Aufquellen rasch ein. Manche Horngebilde verwandeln sich dabei in eine schleimige, aus mikroskopischen Zellen bestehende Masse. Beim Kochen erfolgt wirkliche Lösung.

Kocht man Horngewebe längere Zeit mit verdünnter Schwefelsäure, so wird das Horngewebe völlig zersetzt; als Zersetzungsproducte erhält man viel Tyrosin (etwa 4 Proc.), Leucin, Ammoniak und flüchtige Fettsäuren, worunter Propionsäure.

Behandelt man Horngewebe mit Salzsäure, so nimmt letztere eine blaue oder violette Färbung, ähnlich wie mit Albuminstoffen, an, ohne dass sich das Gewebe löst. Erst bei längerem Kochen findet wirkliche Lösung statt, wobei die Farbe der Lösung ins Braune übergeht. Haare verhalten sich von den übrigen Horngeweben insoferne abweichend, als sie sich mit starker Salzsäure purpurroth färben und sich darin bei mehrwöchentlicher Maceration auch in der Kälte lösen.

Salpetersäure färbt die meisten Horngewebe gelb, besonders schnell beim Erwärmen; löst sie übrigens ziemlich schwierig unter Entwickelung von Stickoxydgas zu einer gelben Flüssigkeit, die nach der Neutralisation mit Ammoniak eine dunklere Färbung annimmt. Als Endproduct der Einwirkung der Salpetersäure tritt Oxalsäure auf.

Fixe Alkalien, namentlich Natronlauge, lösen aus den Zellen der Horngebilde zuerst den unsichtbaren oder körnigen Zellinhalt, dann aber auch die Kerne, zuletzt, aber nicht immer, die Zellmembranen. Je jünger die Hornzellen sind, um so weniger widerstehen sie der Einwirkung der Alkalien; je mehr sie dagegen in der Verhornung vorgeschritten sind, um so grösser wird ihre Resistenz gegen Alkalien, so, dass die Zellmembranen mancher Hornbildungen in Kali geradezu unlöslich sind. Durch dieses Verhalten eignen sich die Alkalien, um die zellige Natur der Horngewebe mikroskopisch nachzuweisen. Digerirt man Horngewebe längere Zeit mit concentrirter Kalilauge, so verwandeln sie sich in eine Gallerte, welche in der starken Lauge in der Kälte unlöslich ist; wäscht man mit Wasser das überschüssige Kali weg, so löst sich Alles

zu einer alkalisch reagirenden Flüssigkeit; versetzt man diese mit wenig Essigsäure, so entsteht ein weisser, käsiger Niederschlag, der bald zu einer zähen, klebrigen Masse zusammenbackt. Giesst man die darüber stehende Flüssigkeit ab und fügt reines Wasser zu, so löst er sich zu einer schleimigen Flüssigkeit. — Setzt man dagegen Essigsäure in kleinem Ueberschusse zu, so entsteht ein Niederschlag, der Hornsubstanz und Essigsäure enthält, und sich weder in kaltem, noch warmem Wasser, noch in Alkohol löst, doch wird er beim Digeriren von Essigsäure aufgenommen; in der essigsauren Lösung bewirkt Ferrocyankalium einen halbdurchsichtigen flockigen Niederschlag; kohlensaures Ammoniak löst den durch überschüssige Essigsäure erzeugten Niederschlag. Verdunstet man die essigsaure Lösung zur Trockne, so hinterbleibt eine gelbe, durchsichtige, zähe, in Wasser unlösliche Masse. Bei der Behandlung der Horngewebe mit Alkalien entwickelt sich stets Ammoniak und es bildet sich Schwefelalkali; es wird demnach ein Theil des Schwefels der Gewebe denselben bei dieser Behandlung entzogen. Es ist übrigens bemerkenswerth, dass Horn, schon mit Wasser gekocht, deutliche Spuren von Schwefelwasserstoff entwickelt.

Während Chevreul aus seinen Versuchen schliessen zu dürfen glaubte, dass man der Wolle ihren Schwefelgehalt, ohne Structurveränderung, durch Behandlung mit Alkalien vollständig entziehen könne, kam Grothe zu dem Resultate, dass dies nicht der Fall sei und dass selbst dann, wenn unter Anwendung starker Alkalien, die Structur der Wolle völlig zerstört wird, der Rückstand immer noch etwas Schwefel enthalte. Wahrscheinlich ist der Schwefel in der Wolle in einer doppelten Form enthalten: in einer nur lockeren und einer sehr innig gebundenen, dem Gewebe selbst angehörigen.

Schmilzt man Horngewebe mit Kalihydrat, so erhält man unter Entwickelung von Wasserstoff, Ammoniak und anderen flüchtigen Producten Leucin, Tyrosin und flüchtige Fettsäuren.

Allgemeines chemisches Verhalten der Krystalllinse,

In vieler Beziehung abweichend von dem allgemeinen chemischen Verhalten der Horngewebe ist das der Krystalllinse, welche sich nach ihren histiologischen und namentlich histiogenetischen Beziehungen an die epithelialen Bildungen anschliesst.

Die Hauptmasse der Linse besteht aus eigenthümlichen Fasern, die an bestimmten Stellen Kerne führen. Diese Fasern sind wenigstens in den äusseren Theilen der Linse deutliche Röhren mit einem zähen eiweissartigen Inhalt, der bei Zerzupfen derselben in Tropfen oder Klümpchen aus ihnen hervorquillt; auch werden sie durch alle Mittel, welche Eiweisskörper gerinnen machen, dunkler und zugleich deutlicher (Kölliker).

Die Linsensubstanz besitzt im Mittelpunkte der Linse die höchste, gegen ihre Peripherie die geringste Dichtigkeit; der grösseren Dichtigkeit des Kerns entspricht auch der höhere Brechungsexponent desselben.

Die Bestandtheile der Krystalllinse sind Serumalbumin, Globulin, ein vitellinähnlicher Eiweisskörper, Fett, Cholesterin, Leci-

thin, ausserdem anorganische Salze: Chlor, schwefelsaure und phosphorsaure Alkalien und Calciumphosphat.

Aus dem Wasserextracte der zerriebenen Linsen wird durch Kohlensäure Globulin gefällt; das Filtrat davon giebt mit verdünnter Essigsäure keine Fällung, aber bei 70° flockige Gerinnung (Laptschinsky). Der Globulinniederschlag verhält sich dem Paraglobulin: der fibrinoplastischen Substanz, vollkommen gleich und bewirkt Gerinnung in fibrinogenhaltigen Flüssigkeiten.

Die Linse trübt sich bekanntlich einige Zeit nach dem Tode. Man leitet diese Trübung von einer spontanen Gerinnung ab, allein man hat dabei ausser Acht gelassen zu sagen, was denn eigentlich gerinnt. Ebensowenig sind die Ursachen der Linsentrübungen während des Lebens: des Linsenstaars, aufgeklärt. Berzelius leitete solche Trübungen von Gerinnung des Globulins (Krystallins) ab, indem er dasselbe aus kataractösen Linsen nicht mehr mit Wasser ausziehen konnte. Es ist aber gegenwärtig so viel festgestellt, dass die Ursachen der Linsentrübungen mehrfache sein können: Cholesterinbildungen, Ablagerungen von Erdphosphaten in und um die Linse u. a. m.

Die chemische Beschaffenheit der Linsenkapsel stimmt, nach den Versuchen von Mensonides, vollständig mit jener der Descemet'schen Haut überein; beide quellen in Essigsäure und Alkalien auf, ebenso nach 48stündigem Kochen in Wasser, lösen sich aber nicht; auch längeres Kochen mit Essigsäure bewirkt keine Lösung, wohl aber lösen sie sich in Mineralsäuren auf. Mit diesen Angaben im Widerspruch stehen jene von Strahl, der die Linsenkapsel sich bei mehrstündigem Kochen mit Wasser auflösen sah. Die Lösung enthielt aber keinen Leim.

der Haare und Federn.

Auch die Haare und Federn bieten in ihrem chemischen Verhalten mancherlei Eigenthümlichkeiten dar.

Ueber die Farbe der Haare.

Die verschiedene Färbung der Haare hatte man früher von verschieden gefärbten flüssigen Fetten abgeleitet; allein alle späteren Chemiker, die sich mit diesem Gegenstande beschäftigten, vermochten dies nicht zu bestätigen, und es ist heute unentschiedener als je, wovon die Färbung der Haare abhängt. Bruch hat in den Haaren körniges Pigment nachgewiesen, welches weissen Haaren völlig fehlt, allein auch bei braunen Haaren fehlt es oft und van Laër, Mulder und v. Bibra ziehen aus ihren Untersuchungen den Schluss, dass die Färbung der Haare nicht auf chemischen, sondern auf physikalischen Verhältnissen beruhe.

Die Angaben Baudrimont's, dass die Farbe der Haare von dem Eisengehalte, oder richtiger von einem eisenhaltigen Pigmente abhänge, sind durch seine eigenen Analysen nicht ausreichend gestützt. Auch den bedeutenden Schwefelgehalt der Haare hat man endlich mit ihrer Färbung in Verbindung zu bringen versucht. Beim Kochen im Papin'schen Digestor lösen sich die Haare unter Schwefelwasserstoffentwickelung zum grössten Theile; beim Abdampfen der Lösung bleibt eine

klebrige, in Wasser wieder lösliche Substanz, welche nicht gelatinirt, und aus der wässerigen Lösung durch concentrirte Säuren, Chlor, Bleiessig und Gerbstoff gefällt wird. Von concentrirter Salpetersäure und anderen concentrirten Säuren wird das Haar zum grössten Theile aufgelöst. Chlor bleicht die Haare und giebt damit eine klebrige, bittere, durchsichtige Masse, die sich theilweise in Wasser auflöst.

Noch weniger Aufschlüsse hat die Chemie über den Grund der Färbung der Vogelfedern gebracht. Bruch fand in allen Federn, die er untersuchte, trotz der verschiedensten Färbungen, unter dem Mikroskope nur dasselbe braune oder schwarze Pigment und zwar in dem Federmark körnig, in der Rinde und den Strahlen formlos und gleichmässig vertheilt. Durch Chlor wird es gebleicht. Weisse Federn enthalten weder körniges noch diffuses Pigment. Die schillernden Farben der Federn, so wie alle anderen Färbungen derselben ausser Gelb, Braun und Schwarz, sollen entoptische Farben sein, denen das braune Pigment zur Folie dient; Essigsäure vernichtet den Glanz und Schiller der Federn. (Ueber ein eigenthümliches, in den Federn von Pisamfressern (Turaco) enthaltenes kupferhaltiges rothes Pigment: Turacin, s. S. 315). Die Federn sind ferner ausgezeichnet durch einen nicht unbedeutenden Kieselerdegehalt, der in einem gewissen Zusammenhange mit dem Kieselerdegehalt der Nahrung der Vögel steht. Auch die Haare enthalten bemerkbare Mengen von Kieselerde.

Schliesslich erwähnen wir hier noch, dass nach den neuesten Untersuchungen von Cl. Bernard während der ersten Hälfte des Intrauterinlebens, bei Embryonen verschiedener Thiere sich Glykogen in jenen Zellen vorfindet, die entweder das Horngewebe bilden, oder dessen Bildung vorangehen: in den Epithelien, der Epidermis, in den Hufen, Klauen und ersten Anlagen der Hörner.

Quantitative Bestimmungen.

Quantitative Bestimmungen. Das Gewichtsverhältniss der einzelnen Gemengtheile der Horngewebe ist natürlich ein höchst verschiedenes und überdies, je nach der Art der Gewinnung derselben, eine sehr variable Grösse. Wenn daher auch die über diese Verhältnisse bekannt gewordenen Analysen dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft mehr entsprechen würden, als es wirklich der Fall ist, würde ihr Werth doch ein sehr problematischer sein. Wir beschränken uns darauf, quantitative Analysen der Krystalllinse mitzutheilen, die nach den neueren Methoden von Hoppe-Seyler und Laptschinsky angestellt sind.

Analyse der Krystalllinse.

In 100 Theilen	Hammel- und Rindslinsen. Hoppe-Seyler.	Menschl. Linsen. Mittel aus 4 Analysen. Laptschinsky.
Albuminstoffe	33·03	34·72
Wasserextract	0·94	0·95
Alkoholextract	0·52	0·37
Unlösliche Asche	0·12	0·17
Lösliche Asche	0·61	0·50
Wasserextractasche . . .	0·52	0·39
Alkoholextractasche . .	0·08	0·11
Aetherextract	—	0·45

Lecithin fand Laptschinsky 0·23 Proc., Cholesterin 0·22 Proc., Fett 0·29 Proc. Die Menge des Cholesterins ist sehr wechselnd. Bernsteingelbe Linsen alter Individuen enthielten im Gegensatz zu Kühne's Angaben nur Spuren von Cholesterin, aber viel Fett. Die Asche der löslichen Salze reagirte alkalisch, brauste mit Säuren.

Zahlreiche Bestimmungen sind ferner angestellt über den Schwefelgehalt der verschiedenen Horngewebe.

Nach den Bestimmungen von v. Bibra und Anderen beträgt der Schwefelgehalt in Procenten:

Bei Menschenhaaren . . . . 3·7 bis 7·9 Proc.,
„ Haaren von Säugethieren . . . . . 2·1 „ 4·9 „
„ Schafwolle . . . . 1·3 „ 3·4 „ (Grothe),
„ den übrigen Horngeweben . . . . 0·74 „ 4·23 „ (Bibra, Mulder u. Tilanus).

Auch die von van Laër für die Menschenhaare gefundenen Schwefelmengen ergeben mit den Bibra'schen übereinstimmende Zahlen, nämlich 4 bis 5 Proc.

Ueber den Wassergehalt der Wolle wurden von Maumené und Grothe Versuche ausgeführt. Derselbe beträgt 13 bis 16 Proc., wovon beim Trocknen an der Luft nur etwa 6 bis 7 Proc. fortgehen; aus feuchter Luft nimmt die Wolle sehr rasch wieder eine beträchtliche Wassermenge auf; nach Grothe's Versuchen per Stunde etwa 0·02 Proc.

Die anorganischen Bestandtheile der Haare wurden von van Laër und Baudrimont quantitativ bestimmt.

Aschenanalysen der Haare.

Die Resultate der Versuche Baudrimont's sind folgende:

In 100 Theilen Asche	Menschenhaare				
	weisse	blonde	rothe	braune	schwarze
Natriumsulfat	22·082	33·177	18·435	—	—
Kaliumsulfat	1·417	8·440	7·542	42·936	56·506
Calciumsulfat	13·576	—	—	—	—
Natriumcarbonat	—	—	—	10·080	—
Chlornatrium	Spur	Spur	0·945	2·453	3·306
Calciumcarbonat	16·181	9·965	4·033	5·600	4·628
Magnesiumcarbonat . . .	5·011	3·363	6·197	4·266	2·890
Calciumphosphat	20·532	9·616	10·296	10·133	15·041
Eisenoxyd	8·388	4·220	9·663	10·866	8·099
Kieselerde	12·308	30·717	42·462	30·666	6·611

Die blonden Haare gaben, den Versuchen von Baudrimont zufolge, die grösste Menge Asche (0·474 Proc.), die weissen und braunen die geringste (0·266 und 0·258 Proc.). Die Asche der weissen enthielt eine grössere Menge Kalksalze, als jene der farbigen und den Gyps ausschliesslich.

Baudrimont fand ferner, dass die Farbe der Asche meist mit der Färbung der Haare zunimmt, und nahm besondere Bestimmungen des Eisenoxyds vor.

100 Theile Haarasche lieferten Eisenoxyd:

graue	hellblonde	blonde	kastanienbraune	braune	dunkelbraune
4·155	2·403	4·981	5·830	6·395	3·413

Quantitative Bestimmungen der Kieselerde der Federn und Haare.

Quantitative Bestimmungen über den Kieselerdegehalt und Aschengehalt der Vogelfedern und der Haare wurden in grosser Anzahl, mit Berücksichtigung der Ernährungsverhältnisse der Thiere, von mir angestellt. Sie ergaben eine bestimmte Beziehung des Kieselerdegehalts der Federn zur Nahrung der Thiere, wie nachstehende, die Mittelwerthe aus einer grossen Anzahl von Bestimmungen enthaltende Tabelle erläutert.

	Asche in Proc.	Kieselerde	Kieselerde in Aschenprocenten
Körnernahrung	4·84	1·98	40
Fleischnahrung	2·16	0·64	27
Beeren, Insecten	2·62	0·75	27
Fischnahrung	2·41	0·23	10·5

Auch das Alter der Thiere erscheint meinen Versuchen zu Folge von Einfluss auf den Kieselerdegehalt der Vogelfedern in dem Sinne, dass die Federn alter Vögel kieselerdereicher sind, wie jene junger.

Nächst den Vogelfedern sind die Haare die kieselerdereichsten thierischen Stoffe, wie nachstehende Zusammenstellung übersichtlich macht:

	Stoffe	In 100 Thln. Substanz		In 100 Thln. Asche
		Asche	Kieselerde	Kieselerde
Gorup-Besanez	Kaninchenhaare	2·88	0·34	11·8
	Ochsenhaare	4·83	0·52	10·8
	Pferdehaare	1·46	0·21	14·6
	Rehhaare	7·11	0·57	8·1
	Bockshaare	1·95	0·18	9·4
	Hundehaare	2·25	0·28	12·5
	Meerschweinchenhaare .	1·31	0·12	9·4
	Menschenhaare:			
	Menschenbart	0·92	—	—
	Braune Kopfhaare . . .	1·57	0·22	13·89
	Weisse „ . . .	1·20	0·11	9·52
	Schafwolle	3·23	0·29	8·3
(Weber)	Rindsblut	—	—	1·19
(Henneberg)	Hühnerblut	—	—	0·96
Poleck	Eiweiss von Hühnereiern	—	—	7·05
(Weidenbusch)	Rindsgalle	—	—	0·36

Schliesslich erwähnen wir noch zweier Analysen der Hautschuppen bei Ichthyosis und Pellagra: pathologischen Wucherungen der Epidermis.

Ichthyosisborken.

Schlossberger fand in den Ichthyosisborken neben dem Keratin, dessen Elementarzusammensetzung mit jener der gesunden Epidermis übereinstimmte, in den alkoholischen und ätherischen Extracten, die deutlich sauer reagirten, ein flüssiges und ein festes Fett und bedeutende Mengen von Cholesterin; im weingeistigen Auszuge Hippursäure, in den wässerigen Auszügen weder Leim noch Albuminstoffe, sondern die gewöhnlichen löslichen Salze des Thierkörpers, aber keine Sulfate. Die Asche enthielt nicht unbedeutende Mengen von Kieselerde und Eisenoxyd.

Schmetzer fand, in meinem Laboratorium, in einem exquisiten Falle von Pellagra, in den Borken ebenfalls ein goldgelbes flüssiges und ein festes Fett, reichliche Mengen von Cholesterin, etwas Tyrosin und Leucin (in den weingeistigen Auszügen), aber keine Hippursäure; im wässerigen Auszuge fand er einen Eiweisskörper von eigenthümlichen, von jenen der gewöhnlichen Albuminstoffe etwas abweichenden Reactionen. Auch Schmetzer fand in der Asche bemerkbare Mengen von Kieselerde; aber weder er noch Schlossberger vermochten die Ursache der constant sauren Reaction der Auszüge zu ermitteln. Ermittelt wurde nur, dass dieselbe weder durch flüchtige Fettsäuren, noch durch Milchsäure veranlasst war.

In 100 Theilen des in Wasser unlöslichen Theils der Asche der Ichthyosisborken fand Schlossberger:

Kieselerde	29·6
Phosphorsaures Eisen . .	9·2
Calciumphosphat	43·9
Magnesiumphosphat . . .	17·3

In 100 Theilen des in Wasser löslichen Theils:

Chloralkalien	90·9
Calciumsulfat	9·1

Das Verhältniss der löslichen zu den unlöslichen Salzen war 40 bis 45 lösliche auf 60 bis 55 unlösliche Salze.

V. Chemie des Muskelgewebes.

Literatur: Liebig, Ann. d. Chem. u. Pharm. LXII, S. 257. — Derselbe: Chemische Briefe. Vierte Aufl. Bd. II, S. 129. — Scherer: Ann. d. Chem. u. Pharm. LXXIII, 322, LXXXI, 375, CXII, 257, CVII, 314. — Städeler: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXVI, 102. — Derselbe: Journ. f. pr. Ch. LXXVI, 58. — Strecker: Ann. d. Chem. u. Pharm. CVIII, 129. — Valenciennes u. Fremy: Journ. de Pharm. et de Chim. 3. Sér. XXVIII, 401. — Dubois-Reymond u. G. Liebig: Arch. f. Anat. und Phys. 1850, S. 393. — Matteucci: Compt. rend. XLII, 648. — Dubois-Reymond: De fibrae muscular. reactione

ut chemicis visa est acida. Berol. 1859. — Helmholtz: Arch. f. Anat. u. Phys. 1845, S. 72. 1848. — W. Kühne: Untersuchungen über das Protoplasma u. die Contractilität. Leipzig 1864. — Derselbe: Arch. f. path. Anat. XXXIII, 79. — G. Meissner: Göttinger Nachr. 1861. Nr. 15. 1862. Nr. 10. — Limpricht: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXXVII, 185. CXXXIII, 293. — Almén: Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. VI, 3. — Winogradoff: Arch. f. path. Anat. XXIV, 600. — Folwarczny: Zeitschrift der Wiener Aerzte. 1860. Nr. 49. — J. Ranke: Tetanus, eine physiol. Studie. Leipzig 1865. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1865. Nr. 37. — Sarokin: Arch. f. path. Anat. XXVIII. 544. — Nawrocki: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1865. Nr. 27. — Derselbe: Ebenda 1866. Nr. 40. — Podcapaew u. Guttmann: Ebenda 1865. Nr. 45. — Sczelkow: Wiener Sitzungsber. d. Akad. XLV, 171. — Derselbe: Arch. f. Anat. u. Phys. 1864, S. 672. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1866. Nr. 31. — G. Liebig: Ann. d. Chem. u. Pharm. LXX, 343. — O. Schultzen: Arch. f. Anat. u. Phys. 1863, S. 25. — E. Schottin: Arch. f. phys. Heilk. XI, 622. — Lignac: Deutsche Industriezeitung 1862. Nr. 13. — W. Marcet: Chem. soc. Journ. I. Sér. Decbr. 1864, p. 405. — J. v. Liebig: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXXXIII, 125. — E. Harless: Sitzungsber. d. Münch. Akad. 1861, I, 43. — Neubauer: Zeitschr. f. analyt. Chem. II, 22. — Borsczow: Würzburger naturwissenschaftl. Zeitschr. II, 65. — Pagenstecher u. Carius: Verhandl. d. naturhistor. med. Vereins zu Heidelberg. III, 129. — Virchow: Arch. f. path. Anat. XXXV, 358. — Gscheidlen: Untersuch. aus dem physiol. Laborator. in Würzburg III, 141. — Derselbe: Arch. f. Physiol. VIII, 506. — Ray-Lankester: Arch. f. Physiol. IV, 315. — Weidel: Ann. d. Chem. u. Pharm. CLVIII, 353. — Creite: Zeitschr. f. rat. Med. XXXVI. 195. — Voit: Zeitschr. f. Biologie IV, 78. — Hoppe-Seyler: Med. chem. Untersuch. IV, 586. — O. Nasse: Arch. f. Physiol. II, 97. — Brücke: Wiener akad. Ber. LXIII (2. Abschn.), Februar 1871. — S. Weiss: Wiener akad. Ber. LXIV (2. Abth.), Juli 1871. — Ludwig u. A. Schmidt: Sächs. Sitzungsber. 1868. Febr. — Diakonow: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. Nr. 43. — Sczelkow: Wiener akad. Sitzungsber. XLV, 171. — L. Hermann: Untersuch. über den Stoffwechsel der Muskeln. Berlin 1867. — Preyer: Die Blutkrystalle. Jena 1871. — J. Ranke: Die Lebensbeding. der Nerven. Leipzig 1868, S. 16. — Schiffer: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868, S. 422. — Perls: Deutsch. Arch. f. klin. Med. VI, 243. — Niegetjet u. Hepner: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1871, S. 62. — E. Michelson: Vers. über die Todtenstarre des Muskels. Dissert. Dorpat 1872. — Stohmann: Zeitschr. f. Biologie VI, 204. — Jacobsen: Ann. d. Chem. u. Pharm. CLVIII, 353. — Grützner: Arch. f. Physiologie VII, 254. — Leube u. Rosenthal: Sitzungsber. der phys. med. Societät zu Erlangen. IV, 85. — J. Rosenthal: Ebenda V, 129. — Leube: Berl. klin. Wochenschr. 1873. Nr. 17 u. 19. — Derselbe: Volkmann's klin. Vorträge Nr. 62. — Derselbe: Deutsch. Arch. f. klin. Med. X. S. 1. — Derselbe: Die Krankh. d. Magens u. Darms. S. 118. — Danilewsky: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1874. Nr. 46. — S. C. Roy: Glasgow med. journ. 1874, p. 33. — Ranvier: Compt. rend. LXXVIII, 1874, p. 1572. — Derselbe: Arch. de Physiol. 1874, p. 774. — R. H. Chittenden: Ann. d. Chem. u. Pharm. CLXXVIII, 266. — J. Chandelon: Arch. f. Physiol. XIII, 626. — J. Forster: Zeitschr. f. Biol. XIII. 299. — Vgl. ferner Schlossberger: Erster Versuch einer allgemeinen und vergleichenden Thierchemie etc., S. 165 u. ff. — Lehmann: Zoochemie etc., S. 473 bis 498. — L. Hermann: Grundriss der Physiologie des Menschen. 6. Aufl., 1877. — J. Ranke: Grundzüge der Physiologie des Menschen. 3. Aufl. 1875, S. 625.

a. Quergestreifte Muskeln.

Allgemeiner anatomischer und histiologischer Charakter.

So wie alle übrigen Gewebe, ist auch das Muskelgewebe eine, morphologisch wie chemisch gleich sehr zusammengesetzte Substanz; den verschiedenen theils wesentlichen, theils accessorischen Formelementen entsprechen auch verschiedene chemische Bestandtheile.

Anatomisch betrachtet, enthält das Gewebe der gestreiften Muskelfasern ausser den charakteristischen Elementarformen der Muskelfaser, constant andere Gewebe mehr oder weniger innig beigemengt, nämlich Nerven, Gefässe, Bindegewebe und elastisches Gewebe, dann Fettzellen und freies Fett, alles dieses durchtränkt von einer Flüssigkeit: dem Fleischsafte.

Die dem gestreiften Muskelgewebe wesentlich zukommenden histiologischen Elemente sind die Muskelfäden oder Primitivbündel, welche Röhren darstellen, die aus einer Hülle und einem wahrscheinlich im lebenden Muskel flüssigen contractilen Inhalte bestehen; die Wand oder Hülle dieser Röhren führt bei den Anatomen den Namen Muskelrohr, und besteht aus einer sehr elastischen, vollkommen geschlossenen Membran, dem Sarkolemm; der Inhalt zeigt unter dem Mikroskope feine regelmässige Querstreifen, welche von schichtweise angeordneten, stärker als die Grundsubstanz lichtbrechenden und zugleich doppeltbrechenden Körperchen herrühren: er wird, so wie der Inhalt aller contractilen Gewebe und Zellengebilde überhaupt als Protoplasma bezeichnet.

Wesentlich für den Bestand des Muskels erscheint ferner das Bindegewebe, welches die einfachen quergestreiften Muskelfäden zu secundären Bündeln vereinigt und letztere gegen einander abgrenzt. Die bindegewebige Hüllen- und Verbindungsmasse des Muskels bezeichnet man mit dem Namen Perimysium; sie enthält viele elastische Fasern beigemengt, ausserdem mehr oder weniger zahlreiche Fettzellen.

Innig verwebt mit den wesentlichen histiologischen Elementen des Muskels sind die histiologischen Elemente der Gefässe und Nerven und der Sehnen.

Aufgabe der chemischen Forschung.

Die chemische Untersuchung des Muskelgewebes hätte demnach die wesentlichen Bestandtheile desselben: die quergestreiften Muskelfäden getrennt in Betrachtung zu ziehen und nachzuweisen, welche chemischen Stoffe diese Elementarorgane enthalten; sie hätte zu ermitteln, welche Stoffe den accessorischen Gebilden entstammen, und welche endlich der eigentlichen Ernährungsflüssigkeit des Muskels zukommen. Weiterhin wäre zu ermitteln, welche Bestandtheile dem Sarcolemma und Perimysium, und welche dem contractilen Inhalte eigenthümlich sind.

Alle diese Fragen hat die Chemie noch nicht zu lösen vermocht; doch haben die bisher angestellten Untersuchungen, namentlich die epochemachende Arbeit von Liebig über die chemische Natur des Muskels und seiner Umsatzproducte überhaupt, sehr wichtige Aufschlüsse gegeben.

Chemische Bestandtheile des Fleisches.

Chemische Bestandtheile.

Im Fleische: dem oben geschilderten Gemenge von wesentlichen und accessorischen Gewebselementen mit ihrem parenchymatösen Safte inclusive Blut und Lymphe, hat man nachstehende Stoffe nachgewiesen.

Wasser, — Myosin, — lösliches Albumin, — Fette, — Collagen, — einen rothen Farbstoff, nach W. Kühne, Gscheidlen und Ray-Lankester identisch mit Hämoglobin, — Elastin und Keratin, — Kreatin, — Kreatinin, — Sarkin, — Xanthin, — gährungsfähigen Zucker (Fleischzucker), Glykogen (in fötalen Muskeln und nach Einigen Normalbestandtheil der Muskeln überhaupt), — Inosit, — Dextrin (im Pferdefleische), — Taurin, (im Fleische von Fischen und Pferden), — Inosinsäure, Paramilchsäure und Aethylenmilchsäure, — Harnsäure, — flüchtige Fettsäuren (Ameisensäure, Essigsäure und Buttersäure); — anorganische Salze: Chlornatrium, Kaliumphosphat, Natriumphosphat, Magnesiumphosphat, Calciumphosphat, — Eisen, — Spuren von Lithion; — Gase: Kohlensäure, Sauerstoff.

In den Muskeln der Plagiostomen (Rochen und Haifisch) findet sich Scyllit und Harnstoff; in jenen der Mollusken, des Dintenfisches und der Plötzen: (*Leuciscus rutilus*), Taurin, in den Muskeln der Plötzen, Häringe und Hornfische Protsäure und der Inosinsäure ähnliche Säuren von abweichender Zusammensetzung (Baryumsalz der Säure aus Häringen: $C_{13}H_{17}BaN_4O_{11}$ Limpricht). Im Pferdefleische fand Limpricht ausserdem einen amidähnlichen krystallisirten Körper von der vorläufigen Formel: $C_4H_8N_2O_2$, auch Leucin.

Inosinsäure findet sich ausser im Hühnerfleische, nach den Beobachtungen von Creite auch im Fleische der Enten, Gänse, Tauben, Kaninchen und Katzen; sie fehlte im Fleische junger Bussards und ebenso auch in jenem des Hundes.

Kreatinin wird im Fleische zwar oft genug gefunden, ob dasselbe aber darin präexistirt, ist um so zweifelhafter, als das Kreatin sich durch die verschiedensten Veranlassungen sehr leicht in Kreatinin umzusetzen vermag, und man, wenn bei der Gewinnung des Kreatins aus Fleisch jede derartige Veranlassung nach Thunlichkeit vermieden wird, kein oder nur sehr geringe Mengen von Kreatinin erhält (Neubauer, Nawrocki, Sczelkow, Voit). In den Muskeln der Menschen und der Säugethiere, überhaupt in den Muskeln der verschiedensten Thiere mit Ausnahme jener der Plagiostomen, ist Harnstoff durchaus nicht aufzufinden; nur in den Muskeln von Choleraleichen und bei urämischen Zuständen hat man Spuren von Harnstoff nachgewiesen. Brücke's Annahme, dass in den Muskeln Pepsin enthalten sei, ruht auf zu unsicherer

Grundlage, um als erwiesen betrachtet zu werden. Im amerikanischen Fleischextracte wurde von Weidel Carnin aufgefunden (vgl. S. 233).

Vertheilung dieser Bestandtheile auf die Gewebselemente des Fleisches.

Was nun die Vertheilung dieser Stoffe auf die verschiedenen Gewebselemente des Fleisches anbetrifft, so kann Nachstehendes als mehr oder weniger erwiesen gelten.

Myosin ist wahrscheinlich der wesentliche gerinnende Bestandtheil des sogenannten Muskelplasmas, d. h. des contractilen Inhalts der Muskelröhren: einer trüben, neutralen oder schwach alkalischen Flüssigkeit, deren Gerinnung durch weiter unten erörterte Momente schneller oder langsamer erfolgt. Dasselbe kommt aber zum Theil auch auf Rechnung der contractilen Faserzellen, welche die Arterien- und Venenhäute der Muskeln enthalten. Myosin ist dem Blutfibrin auch insoferne analog, als es unbekannt ist, in welcher Form es im Muskelplasma vor der Gerinnung enthalten ist.

Lösliche Eiweissstoffe, darunter Serumalbumin, sind allerdings zum Theil auf das, in den Gefässen des Muskelgewebes zurückgebliebene Blut und auf den Inhalt der Lymphgefässe zu beziehen; allein wie die Mengenverhältnisse unzweifelhaft ergeben, ist der grösste Theil derselben auf Rechnung der, das Muskelgewebe durchtränkenden Ernährungsflüssigkeit zu setzen.

Die Fette und die in Aether löslichen Stoffe überhaupt sind zum Theil von den Nerven des Muskels abzuleiten, und gilt dieses namentlich von den phosphorhaltigen Fetten (Lecithin, im Muskel übrigens nicht mit Sicherheit nachgewiesen) und dem Cholesterin, zum Theil von den Fettzellen; zum Theil aber gehören sie dem Muskelfaden selbst an.

Das Collagen oder die leimgebende Substanz gehört dem Bindegewebe an, wie es als Perimysium, Neurilem, in der äusseren Schicht der Gefässwände und in den Sehnen vorkommt; doch hat Hoppe-Seyler aus dem Fleische von *Octopus* und *Sepiola* so reichliche Mengen von Glutin erhalten, dass es zu wünschen wäre, Näheres darüber zu erfahren, welchem Gewebselemente dieser Leim entstammte.

Der rothe Farbstoff ist dem Muskelfaden eigenthümlich und bedingt die charakteristische Färbung des Fleisches der Säugethiere. Er ist bei den quergestreiften Muskeln jedenfalls in grösserer Menge vorhanden wie bei den glatten Muskelfasern; fehlt jedoch auch bei den niederen Vertebraten, deren Fleisch nur schwach geröthet oder ganz blass ist und bei einigen Avertebraten durchaus nicht ganz. Das Pigment ist in reinem, angesäuertem und alkalischem Wasser löslich und wird durch Sauerstoff röther, durch Schwefelwasserstoff dunkler gefärbt. Die auf Grund seines Verhaltens von Kölliker zuerst ausgesprochene Vermuthung, es möchte mit dem Hämoglobin identisch sein, wurde von W. Kühne dadurch bestätigt, dass es ihm gelang, im Wasserextracte der vollkommen blutfrei gemachten Muskeln der Hunde, Kaninchen und Meerschweinchen, sowie im blutfreien Zwerchfell, Hämoglobin spectroscopisch durch die charakteristischen Absorptionsstreifen und ihre Ver-

änderungen durch Gase, Säuren, Alkalien, Schwefelammonium u. s. w. nachzuweisen und aus den Extracten Häminkrystalle darzustellen. Weitere Belege für die Identität brachte Gscheidlen, welcher nachwies, dass der Muskelfarbstoff sich mit Kohlenoxyd zu verbinden vermöge und Ray-Lankester, welcher Hämoglobin in den Pharynxmuskeln einiger Schnecken (*Limnaeus* und *Paludina*) nachwies, deren Blut farblos und frei von Hämoglobin ist.

Elastin und Keratin stammen vom Epithelium der Gefässe, von den elastischen Fasern des Perimysiums, der Arterien und Venen und wahrscheinlich auch von einem wesentlichen Bestandtheile des Muskelgewebes: vom Sarkolemm. Nach den Untersuchungen von Scherer und Kölliker besteht das Sarkolemm jedenfalls nicht aus leimgebender Substanz, denn auch die mikrochemischen Reactionen sprechen für elastisches Gewebe.

Kreatin, Kreatinin, Inosinsäure, letztere insoferne sie überhaupt im Fleische vorkommt, und Fleischmilchsäure (Para- und Aethylenmilchsäure) sind als Producte der regressiven Stoffmetamorphose des Muskelgewebes aufzufassen; dies ist um so unzweifelhafter, weil diese Stoffe in anderen Geweben entweder gar nicht oder nicht so constant und in solcher Menge vorkommen; Taurin, Sarkin, Xanthin und Harnsäure dagegen finden sich auch in anderen Drüsengeweben; die Harnsäure sogar viel constanter, während sie im Muskelgewebe nur selten beobachtet wurde (Liebig, Schlossberger, Carius und Pagenstecher), so dass es gegenwärtig nicht möglich ist, zu entscheiden, aus welchen Gewebsbestandtheilen des Fleisches diese Stoffe stammen. Im Fisch- und Hundefleische scheint nur Sarkin und kein Xanthin vorzukommen (Almén).

Der Inosit wurde zunächst im Herzmuskel nachgewiesen, später aber auch im Hunde- und Pferdefleische und in auffallender Menge in den willkürlichen Muskeln von Säufern aufgefunden.

Dextrin wurde bisher nur im Fleische von Pferden und Kaninchen nachgewiesen (Sanson, Cl. Bernard, Scherer, Limpricht); doch scheint es auch hier nicht constant vorzukommen, denn Limpricht vermisste es bei zwei Pferden, von welchen das eine, einige Stunden vor dem Schlachten, gut mit Hafer gefüttert war; dagegen enthielt die Leber des letzteren statt Glykogen reichliche Mengen von Dextrin.

Gährungsfähiger Zucker, wahrscheinlich Traubenzucker, findet sich nach G. Meissner's Untersuchungen, die später von Winogradoff und J. Ranke bestätigt wurden, in den quergestreiften Muskeln des Menschen und anderer Säugethiere (Fleisch- und Pflanzenfressern), der Vögel, Amphibien und Fische. Er lässt sich auch in völlig blutfrei gemachten Muskeln, sowie in den Muskeln ausschliesslich mit Fleisch gefütterter Thiere nachweisen, und entstammt daher dem Muskelgewebe selbst. O. Nasse bestreitet jedoch, dass der Zucker im lebenden Muskel präformirt sei, sondern betrachtet ihn als aus dem Glykogen des Muskels während seines Erstarrens durch irgend ein Ferment entstanden.

Glykogen wurde zuerst in fötalen Muskeln, wie in anderen fötalen Organen als constanter Bestandtheil nachgewiesen; sollte aber daraus häufig schon vor der Geburt, zuweilen aber erst einige Wochen nach derselben verschwinden. O. Nasse dagegen wies Glykogen als constanten Bestandtheil der Muskeln von Winterfröschen und Kaninchen nach, und betrachtet selbes auf Grund dieser Beobachtungen als normalen Bestandtheil der Muskeln überhaupt, ohne jedoch diese Verallgemeinerung experimentell zu rechtfertigen. Von Brücke und von S. Weiss wurde es ebenfalls in den Muskeln von Kaninchen und Fröschen, dann aber auch in dem Herzmuskel und den Rückenmuskeln eines Hundes aufgefunden, von Brücke auch in dem Fleische des Karpfen und der Muskelhaut des Schweinsmagens (R. Mac-Donnell).

Die flüchtigen Fettsäuren, die man im Fleischsafte nachgewiesen hat, finden sich auch anderweitig im Organismus und können auf so verschiedene Weise entstehen, dass auch ihre Abstammung vorläufig dahingestellt bleiben muss.

Die anorganischen Salze des Fleisches, so wie man sie in der Asche findet, repartiren sich natürlich auf die verschiedenen wesentlichen und accessorischen Gewebsbestandtheile desselben. Der in den wässerigen Auszug übergehende Antheil derselben gehört aber jedenfalls zum grössten Theile der Ernährungsflüssigkeit des Fleisches an; dafür spricht schon ihre eigenthümliche Vertheilung, welche eine, von der im Blutplasma wesentlich verschiedene ist. Während im Blutplasma die Natriumverbindungen vorwiegen, ist in der Muskelflüssigkeit wenig Natrium, aber viel Kalium enthalten. Während ferner im Blutplasma die alkalischen Basen hauptsächlich an Chlor gebunden sind, ist in der Fleischflüssigkeit sehr viel Phosphorsäure und wenig Chlor vorhanden und erstere Säure zum grössten Theil an Kalium gebunden. Endlich ist unter den Verbindungen der Phosphorsäure mit Erden, Magnesiumphosphat über Calciumphosphat vorherrschend. Schwefelsaure Alkalien scheinen in der Fleischflüssigkeit gänzlich zu fehlen.

Ueber die Beziehungen der Gase zum Muskelgewebe vgl. weiter unten (allgemeiner Gaswechsel).

Allgemeines chemisches Verhalten der quergestreiften Muskeln.

Todtenstarre des Muskels.

Todtenstarre des Muskels. Wird einem Muskel die Blutzufuhr abgeschnitten, oder wird er ganz aus dem Körper entfernt, so verliert er sehr bald seine Erregbarkeit (rascher bei Warmblütern, langsamer bei Kaltblütern), wird kürzer und dicker, weniger elastisch, weisslich trübe und nimmt deutlich saure Reaction an (du Bois-Reymond). Unter dem Mikroskop erscheinen die vorher durchsichtigen Muskelröhren

undurchscheinend und trübe und der vorher flüssige Inhalt starr (Kühne). Nachdem die Starre einige Zeit gedauert hat, beginnt die Fäulniss, die Starre verschwindet wieder, die saure Reaction geht in neutrale, dann in alkalische über, und es kommt zur Bildung der allgemeinen Fäulnissproducte.

Der Eintritt der Starre wird beschleunigt durch vorhergegangene anhaltende Thätigkeit des Muskels, durch Wärme (48 bis 50° für Warmblüter, 40° für Kaltblüter), ebenso aber auch durch Wasser, Säuren, selbst Kohlensäure und verschiedene andere chemische Agentien. Die Aufhebung der Blutcirculation bringt den Muskel dadurch zur Starre, dass ihm die Sauerstoffzufuhr entzogen wird; denn leitet man durch den ausgeschnittenen Muskel sauerstoffhaltiges Blut, so kann die Starre sehr lange hinausgeschoben werden, während sauerstofffreies Blut eine solche Wirkung nicht auszuüben vermag (Ludwig und A. Schmidt).

Was die chemischen Vorgänge bei der Muskelstarre anbelangt, so ist Folgendes constatirt: Die Starre tritt ein in Folge einer Gerinnung im Muskelplasma, wodurch dieses starr wird und der Körper, der sich bei dieser Gerinnung unlöslich abscheidet, ist das Myosin. Es scheint, dass dabei der Muskelinhalt zuerst dickflüssiger, dann gelatinös wird, und sich schliesslich das Gerinnsel, ähnlich dem Fibringerinnsel im Blutkuchen fester zusammenzieht; daher die Verkürzung des Muskels, das Undurchsichtigwerden desselben und das Auspressen des Muskelserums (L. Hermann). Neben der Myosingerinnung laufen einher: die Bildung freier Säuren oder eines sauren Salzes, und zwar der Fleischmilchsäure, nach Diakonow auch der Glycerinphosphorsäure, Austritt freier auspumpbarer Kohlensäure, und nach den Angaben von O. Nasse auch Verminderung des Glykogens. Im ersten Stadium der Starre kann dieselbe durch Blutcirculation wieder gelöst werden, im zweiten, nach erfolgter Myosingerinnung nur dann, wenn man das Myosingerinnsel vorher durch 10procentige Kochsalzsolution wieder gelöst hat (Preyer). Durch plötzliches starkes Erhitzen (Werfen in siedendes Wasser) verlieren die Muskeln die Fähigkeit zu erstarren, sie werden dann weder sauer noch bilden sie Kohlensäure; dieselbe Wirkung haben die Mineralsäuren.

Es ist unbekannt, in welchem genetischen Zusammenhange die bei der Muskelstarre eintretenden chemischen Vorgänge stehen. L. Hermann nimmt an, dass im Muskelplasma eine stickstoffhaltige, dem Hämoglobin vergleichbare Substanz (inogene Substanz) gelöst sei, welche sich bei dem Erstarren des Muskels in das gerinnende Myosin, in Fleischmilchsäure u. s. w. spaltet. So wenig Sicheres wir aber über die Fibringeneratoren wissen, so wenig Positives wissen wir über die inogene Substanz Hermann's. Die Versuche Michelson's, welcher im Muskelserum der Froschmuskeln ein mit dem Fibrinfermente des Blutes identisches Ferment nachgewiesen haben will, bedürfen weiterer Bestätigung. Mit den chemischen Vorgängen beim Erstarren des Muskels steht die von Schiffer beobachtete Wärmeentwickelung bei der spontanen Muskelstarre jedenfalls

im Zusammenhange, wie denn Schiffer auch für das gerinnende Blut eine solche Wärmeentwickelung nachgewiesen hat.

Mikrochemie des Muskels. Das mikrochemische Verhalten der quergestreiften Muskelfasern giebt einige Aufschlüsse über die Natur der einzelnen morphologischen Bestandtheile der Primitivbündel, und kann daher nicht wohl übergangen werden.

Mikrochemische Reactionen.

Verdünnte Essigsäure und verdünnte Mineralsäuren machen die Primitivbündel aufquellen und erblassen, die Querstreifung wird deutlicher, die Kerne erscheinen in die Länge gezogen, das Sarkolemm bleibt aber unverändert. Auch concentrirte Essigsäure bewirkt keine Veränderung des Sarkolemms.

Concentrirte Salzsäure oder wenig verdünnte Schwefelsäure verwandeln nicht allzugrosse Fleischstücke, nach kurzer Zeit in eine schleimige Masse, wobei die Primitivbündel in ziemlich kurze Parallelopipeda mit deutlicher Querstreifung zerfallen; ähnlich verhält sich concentrirte Salpetersäure.

In einem Gemisch von salpetersaurem und salpetrigsaurem Quecksilberoxydul nehmen die Muskelfasern eine purpurrothe Färbung an; die Primitivbündel sind in blass-blaurothe Parallelopipeda gespalten, das Sarkolemm aber bleibt ungefärbt. Die Querstreifung wird dabei aufs Schärfste sichtbar, während durch die Einwirkung von Salpeterlösung die Längsstreifung besonders deutlich wird.

Verdünnte Natronlauge verwandelt die Muskelröhren in eine schleimige Masse, allein das im Querdurchmesser contrahirte Sarkolemm bleibt noch sichtbar; aus demselben sieht man unter dem Mikroskop eine gallertige Masse hervortreten.

Jodwasser färbt die Primitivbündel intensiv gelb und lässt die Längsstreifen besonders deutlich hervortreten.

Deutung derselben.

Aus diesen mikrochemischen Reactionen ergiebt sich zunächst, dass der contractile Inhalt der Primitivbündel: das Sarkolemm und die Substanz der Kerne, chemisch different sind. Entscheidenden Aufschluss über die chemische Natur dieser morphologischen Elemente geben sie aber nicht, und es kann ein solcher von unter dem Mikroskop angestellten Reactionen auch nicht erwartet werden. Die Unlöslichkeit des Sarkolemms in Säuren und Alkalien, wodurch es auch seine Elasticität nicht einbüsst, sowie seine Unlöslichkeit selbst in kochendem Wasser, schliessen die Möglichkeit, dass es aus Bindegewebe bestehe, aus und machen es vielmehr sehr wahrscheinlich, dass es elastisches Gewebe sei.

Die chemische Natur der Substanz der Kerne ist noch vollkommen unaufgeklärt. Durch verdünnte Alkalien wird sie etwas langsamer aufgelöst, wie der contractile Inhalt der Muskelröhren; von Säuren, auch von Essigsäure wird sie allmählich gelöst.

Dass der contractile Inhalt endlich im Wesentlichen aus Myosin gebender Substanz besteht, ergiebt sich daraus, dass bei der Behandlung gereinigter Muskelfasern im Grossen, wie unter dem Mikroskope, mit höchst ver-

dünnter Salzsäure, die Sarkolemmröhren sich allmählich entleeren, während die Lösung nun Syntonin, das Umwandlungsproduct des Myosins, enthält. Wird nämlich mit Wasser vollständig erschöpftes Fleisch mit Wasser angerührt, dem $^1/_{100}$ Salzsäure zugesetzt ist, und werden die filtrirten Auszüge mit einem Alkali neutralisirt, so erhält man eine anfangs nur opalisirende Gallerte, so dass die ganze Flüssigkeit wie frisch erstarrter Leim zittert; allmählich aber setzt sich Syntonin in weissen halbdurchsichtigen Flocken zu Boden.

Muskelplasma und Muskelserum.

Lässt man Froschmuskeln bei — 7° bis — 10° gefrieren, schneidet sie dann in Scheiben und zerreibt sie in einer erkalteten Reibschale, so thaut die Masse bei — 3° zu einer trüben, alkalisch reagirenden Flüssigkeit auf (Muskelplasma), von der ein Tropfen in Wasser von 0° gebracht, sogleich zu einem weissen sphärischen Coagulum gesteht; im warmen Zimmer gerinnt die ganze Flüssigkeit zu einer festen leimartigen Masse, welche später kleine Flüssigkeitsmengen von deutlich saurer Reaction auspresst: Muskelserum (W. Kühne).

Darstellung von Glykogen aus Muskeln.

Werden Frosch- oder Kaninchenmuskeln zerkleinert in kochendes Wasser geworfen, nach kurzer Zeit aus dem Wasser entfernt, mit reinem Quarzsand möglichst fein zerrieben und die zerriebene Masse mit Wasser verdünnt zur Coagulation der Eiweisskörper im Wasserbade abermals auf 100° erwärmt, so erhält man nach dem Filtriren ein opalisirendes Filtrat, welches frei oder fast frei von reducirenden Substanzen (Zucker) ist und nach dem Concentriren, Fällen mit Alkohol, Eisessig (u. s. w. ?) die Reactionen des Glykogens zeigt (O. Nasse). Wird die opalisirende Lösung mit einem zuckerbildenden Fermente (z. B. Speichel) digerirt, so enthält sie Kupfersalze reducirende Substanzen. Reiner erhält man nach Brücke und S. Weiss das Glykogen aus den Muskeln, wenn man die Eiweisskörper nicht durch Coagulation, sondern durch Fällung mit Jodquecksilberkalium und Salzsäure ausfällt, und aus dem Filtrate das Glykogen durch 95procentigen Alkohol abscheidet.

Wasserauszug des Muskelgewebes.

Wird möglichst fettarmes Fleisch sehr fein geschnitten, mit Wasser wiederholt angerührt und mit Wasser vollständig erschöpft, so erhält man eine gewöhnlich weisslich getrübte, sauer reagirende Flüssigkeit; diese saure Reaction aber kommt dem lebenden und ruhenden Muskel nicht zu, denn dieser reagirt entweder neutral oder schwach alkalisch; dieselbe ist aber auch nicht ein ausschliessliches Attribut des todtenstarren Muskels; denn einerseits kann man künstliche Gerinnung des Syntonins hervorrufen, ohne dass dabei die Bildung freier Säure beobachtet wird und andererseits hat man gefunden, dass die Muskeln auch während des Lebens, in Folge oft wiederholter Contractionen, demnach bei energischer physiologischer Thätigkeit, saure Reaction erlangen (Dubois-Reymond).

Reaction des Muskelsaftes.

Darstellung des Sarkins und Xanthins aus Fleisch nach Städeler.

Wird Fleisch fein zerhackt, mit Weingeist zu einem dünnen Brei angerührt, erwärmt, die Flüssigkeit abgepresst, der Rückstand hierauf einige Stunden mit Wasser von 50° C. digerirt und die abgepresste

Flüssigkeit mit der früher erhaltenen weingeistigen vereinigt, hierauf von den vermischten Auszügen der Weingeist abdestillirt und das eingeengte Filtrat mit Bleizucker versetzt, so erhält man einen Niederschlag und im Filtrate von diesem durch Bleiessig abermals einen Niederschlag. Das Filtrat vom Bleiessigniederschlag giebt, mit essigsaurem Quecksilberoxyd vermischt, abermals einen starken gelblichen Niederschlag. Der Bleiessigniederschlag sowie der durch essigsaures Quecksilberoxyd entstandene Niederschlag enthalten Xanthin, ersterer aber ausserdem noch Harnsäure und Inosit, letzterer Sarkin, Kreatin und Kreatinin.

Wird der Bleiessigniederschlag in Wasser suspendirt und durch Schwefelwasserstoff zersetzt, so giebt die Flüssigkeit beim Verdampfen vorhandene Harnsäure, Xanthin und Inosit.

Der Quecksilberniederschlag auf dieselbe Weise behandelt, scheidet beim Abdampfen des Filtrats vom Schwefelquecksilber, Xanthin und Sarkin aus. Die von der ersten Abscheidung des Xanthins und Sarkins abfiltrirte salzsäurehaltige Lauge, verdampft und mit Alkohol ausgezogen, liefert salzsaures Kreatinin, während das in Alkohol Unlösliche hauptsächlich aus Sarkin besteht. Das Filtrat vom Quecksilber-Niederschlage enthält Kreatin (Städeler). Behandelt man das ausgeschiedene Gemenge von Xanthin und Sarkin mit verdünnter Salzsäure, so geht das Sarkin in Lösung, das Xanthin bleibt grösstentheils ungelöst (Scherer).

Abscheidung des Kreatins nach Städeler's Methode.

Wird zerhacktes und mit grobem Glaspulver zerriebenes Fleisch mit Weingeist angerührt, gelinde erwärmt, ausgepresst, der Weingeist abdestillirt, der Rückstand mit Bleiessig gefällt, das Filtrat mit Schwefelwasserstoff entbleit und das Filtrat zur Syrupconsistenz verdunstet, so erhält man eine Krystallisation von Kreatin (Städeler).

Darstellung der Protsäure etc. aus Fischfleisch nach Limpricht.

Das Extract vom Fischfleisch, durch Aufkochen von Albumin befreit, mit Barytwasser ausgefällt und durch vorsichtigen Zusatz von Schwefelsäure von Baryt getrennt, liefert ein Filtrat, welches im Wasserbade abgedampft, eine Krystallisation von Kreatin giebt; die Mutterlauge davon erstarrt auf vorsichtigen Zusatz einer Säure, durch Ausscheidung eines flockigen weissen Niederschlages: Protsäure. Wird die von diesem Niederschlage getrennte und durch Eindampfen wieder concentrirte Flüssigkeit, mit absolutem Alkohol vermischt, so fallen zuerst schwefelsaure Salze heraus, nach ihrer Entfernung krystallisirt Taurin. Gelöst bleiben Milchsäure, Sarkin und bedeutende Mengen von salzsaurem Kreatinin (Limpricht).

Darstellung des Fleischzuckers nach Meissner.

Wird das wässerige, eingeengte Extract des Fleisches nacheinander mit Barytwasser, sodann nach Entfernung des überschüssigen Baryts durch Schwefelsäure, mit Bleizucker, mit Bleiessig und dann mit Bleiessig und Ammoniak ausgefällt, der letzterwähnte Niederschlag durch Schwefelwasserstoff zerlegt, die saure Lösung zur Entfernung des Sarkins mit essigsaurem Kupfer digerirt, und aus dem Filtrat das Kupfer durch Schwefelwasserstoff entfernt, so erhält man eine Flüssigkeit, die, concen-

trirt und mit dem 6- bis 10fachen Volumen absoluten Alkohols vermischt, ein Filtrat liefert, aus dem sich auf Zusatz ganz concentrirter Kalilauge Zucker-Kali ausscheidet, aus welchem nach der Fällung des Kalis mit Weinsäure und Alkohol der Zucker als Syrup erhalten wird, der allmählich krystallisirt (G. Meissner).

Verhalten des Muskels gegen Gase.

Verhalten des Muskels gegen Gase. Muskelsubstanz, so lange sie noch lebt, d. h. so lange sie auf galvanische Reize sich noch contrahirt, absorbirt Sauerstoff und exhalirt Kohlensäure. Dieser Vorgang tritt auch ein, wenn das sauerstoffhaltige Blut aus den Muskelgefässen ausgespritzt ist, und es geben die ausgeschnittenen Muskeln auch in anderen Gasen als in Sauerstoff eine Zeit lang Kohlensäure ab. Es nimmt ferner der isolirte Säugethiermuskel, durch welchen man künstlich Blut strömen lässt, Sauerstoff aus dem Blute auf (Georg Liebig, Matteucci, Valentin, L. Hermann, Daxenberger und Ranke, Ludwig und A. Schmidt). Ob diese Vorgänge, welche als Muskelrespiration bezeichnet werden, jedenfalls aber nur geringe Gasquantitäten in Bewegung setzen, durchweg als physiologische, oder ob sie wenigstens zum Theil als auf Zersetzung in chemischem Sinne beruhende aufzufassen sind, ist nicht überzeugend dargethan.

Quantitative Zusammensetzung des Fleisches.

Quantitative Verhältnisse.

Das Fleisch ist ein Gemenge verschiedener Gewebe in sehr variablen Verhältnissen, und das Wesentliche dieser Gewebe: das Gewebe der quergestreiften Muskelfasern, anatomisch scharf zu isoliren, ist bisher nicht gelungen. Eine quantitative Analyse des ganzen Fleisches, eine Gewichtsbestimmung seiner chemischen Bestandtheile, kann deshalb nicht darauf Anspruch machen, ein Bild der Zusammensetzung des Fleisches ein- für allemal zu geben, eine solche ist vielmehr immer nur der Ausdruck des vorliegenden Einzelfalles. Es versteht sich ohne Weiteres, dass dadurch der Werth derartiger Analysen sehr geschmälert wird und zwar um so mehr, je schwieriger es ist, auch nur annähernd gleiche Bedingungen herzustellen. Zwar hat man das Fleisch vor der Analyse möglichst gereinigt, präparirt und insbesondere das Fett beseitigt, allein eine mechanische Präparation kann der Natur der Sache nach den Zweck nur annäherungsweise erreichen. Zu alle dem kommt, dass uns scharfe analytische Methoden zur Trennung der wesentlicheren Fleischbestandtheile nicht zu Gebote stehen und gerade für die chemisch am besten individualisirten Stoffe hat dieser Umstand die unbeschränkteste Geltung.

Grössere Reihen von Fleischanalysen und zwar des Fleisches verschiedener Thiere, wurden von Schlossberger und von v. Bibra angestellt. Es wurde bei diesen Analysen nur der Gehalt an Wasser, festen Stoffen, löslichen Albuminstoffen, Fett, Glutin, an Wasserextract und Weingeistextract bestimmt. Wir stellen einige dieser Analysen tabellarisch

zusammen (weiter unten), namentlich um zu zeigen, wie gross trotz Allem die Uebereinstimmung in der Zusammensetzung des Fleisches sehr verschiedener Thiere ist, wenn man von dem natürlich sehr verschiedenen Fettgehalte absieht. Ganz unentschieden bleibt es, woher der verschiedene Geschmack des Fleisches verschiedener Thiere rührt; der Stoff, der ihn verursacht, ist jedenfalls nur in geringer Menge zugegen und vorläufig nicht bekannt.

Limpricht fand im Fleische der Plötzen (*Leuciscus rutilus*) in 100 Thln:

In 100 Theilen	I.	II.
Wasser	77·89	78·18
Trockensubstanz	22·11	21·82
Albumin	2·85	3·01
Kreatin	0·11	—
Protsäure	0·70	0·69
Milchsäure	0·06	—
Taurin	0·11	—
Anorganische Salze . . .	1·35	—
In Wasser löslich . . .	0·76	—
In Wasser unlöslich . .	0·59	—

Bezüglich der organischen Muskelbestandtheile liegen ausserdem Bestimmungen des Kreatins (Liebig, Gregory, Städeler, Schlossberger, Bloxam, Scherer, Neubauer, Nawrocki, Sarokin, Zalesky, Voit, Halenke und Fr. Hofmann), sodann des Glykogens (O. Nasse, S. Weiss) und der Inosinsäure (Creite) vor, während solche über die übrigen Bestandtheile des Fleischsaftes fehlen.

Kreatingehalt der Muskeln.

Die vor Anwendung der Neubauer'schen Methode erhaltenen Zahlen für den Kreatingehalt der Muskeln sind jedenfalls zu niedrig; wir geben daher nur diejenigen Zahlen, welche nach der genannten Methode erhalten wurden. Nach diesen Bestimmungen fand man in Procenten:

Mensch	0·1512	bis	0·3016	Proc.
Rind	0·170	„	0·2763	„
Pferd	0·1171	„	0·2160	„
Schwein	0·1330	„	0·2090	„
Hund	0·061	„	0·2479	„
Hammel	0·179	„	0·189	„
Fuchs	0·2064	„	0·2373	„
Kaninchen	0·2693	„	0·403	„
Gans		0·288		„
Huhn	0·311	bis	0·401	„
Frosch	0·210	„	0·350	„

Es ergiebt sich aus den vorhandenen Bestimmungen, dass die Unterschiede im Kreatingehalte der Muskeln verschiedener Thiere nicht grösser sind, als sie bei Individuen derselben Species zur Beobachtung kommen (Voit), und es geht aus den Bestimmungen des Kreatingehaltes menschlicher Oberschenkelmuskeln in 56 Fällen verschiedener Krankheiten, welche Perls ausführte, hervor, dass dadurch der Kreatingehalt nicht wesentlich berührt wird. Perls fand zwischen 0·135 bis 0·489 Proc.; das Mittel: 0·256 Proc. liegt innerhalb der normalen beobachteten Grenzen. Die höchsten Zahlen fand Perls bei *Morbus Brighti.*

Glykogengehalt der Muskeln.

Ueber den Glykogengehalt der Muskeln von Fröschen und Kaninchen wurden von O. Nasse, über jenen der Frösche ausserdem von S. Weiss Bestimmungen ausgeführt. O. Nasse bestimmte das Glykogen indirect nach der Ueberführung in Zucker, S. Weiss direct nach der Brücke'schen Methode. O. Nasse fand im Mittel 0·43 Proc. Glykogen. Die von S. Weiss erhaltenen Zahlen sind mit denen von O. Nasse nicht direct vergleichbar, da sie nicht procentische, sondern auf eine Anzahl Schenkelmuskeln des Frosches bezogene sind. In dem ganzen Herzen eines Hundes fand S. Weiss 0·510 g, in einer annähernd gleichen Masse von Rückenmuskeln 0·7175 g Glykogen.

Gehalt der Muskeln an Inosinsäure.

Creite bestimmte die Inosinsäure des Fleisches der untenstehenden Thiere als Baryumsalz und fand im Fleische von

Hühnern	0·005 bis 0·008	Proc.	inosinsaures	Baryum
Enten	0·0260	„	„	„
Gänsen	0·0216	„	„	„
Tauben	0·016	„	„	„
Kaninchen	0·014	„	„	„
Katzen	0·0093	„	„	„

Umstehend geben wir eine tabellarische Zusammenstellung von quantitativen Analysen des Fleisches verschiedener Thiere.

Quantitative Analysen des Fleisches.

Fleisch verschiedener Thiere.

In 100 Theilen.	Ochsenfleisch. Schlossberger	Ochsenfleisch. v. Bibra	Kalbfleisch. Schlossberger	Kalbfleisch. v. Bibra	Rehfleisch. Schlossberger	Rehfleisch. v. Bibra	Schweinefleisch. Schlossberger	Menschenfleisch. v. Bibra	Taubenfleisch. Schlossberger	Hühnerfleisch. Schlossberger	Wilde Ente v. Bibra	Teichforelle. Schlossberger	Karpfen. v. Bibra	Froschfleisch. v. Bibra
Wasser	77·50	77·60	78·20	78·06	78·30	74·63	78·30	74·45	76·0	77·3	71·75	80·5	79·78	80·43
Feste Stoffe	22·50	22·40	21·80	21·94	21·70	25·37	21·70	25·55	24·0	22·7	28·24	19·5	20·22	19·57
Lösliches Albumin	2·20 (Albumin und Farbstoff)	1·99	2·60	1·29	2·30	1·94	2·40	1·93	4·5	3·0	2·68	4·4 (Albumin und Farbstoff)	2·35	1·86
Farbstoff		—											—	—
Glutin	1·30	1·98	1·60	4·42	2·80 (Glutin und Weingeistextract)	0·50 (zusammen mit Weingeistextract)	0·80	2·07	1·5	1·2	1·23	2·2	1·98	2·48
Weingeistextract	1·50	3·00	1·40	1·29		4·75	1·70	3·71	1·0	1·4	4·12	1·6	3·47	3·46
Fett	—	—	—	—	—	1·30	—	2·30	—	—	2·53	—	1·11	0·10
Muskelfaser, Gefässe etc.	17·50	15·43	16·2	14·94	18·00	16·81	16·81	15·54	17·0	16·5	17·68	11·1	11·31	11·67

Quantitative Zusammensetzung der Fleischasche.

Quantitative Verhältnisse der anorganischen Fleischbestandtheile. — Schon Chevreul machte auf den Salzreichthum des Muskelsaftes aufmerksam und berechnete, dass beim Ochsen diese Salze ein Viertel aller, beim Kochen des Fleisches an das Wasser gehenden Bestandtheile ausmachen. Er fand in der Asche der Fleischbrühe 81 Proc. in Wasser lösliche Salze, Angaben, die durch die späteren Untersuchungen von Liebig u. A. sich als durchaus richtig herausstellten, und wie Liebig gezeigt hat, für die physiologisch-diätetische Bedeutung des Fleisches und der Fleischbrühe von grösster Bedeutung sind.

Durch eine Reihe sehr genauer Analysen der Fleischasche, die wir unten mittheilen, hat sich ergeben, dass die löslichen Salze des Fleisches ganz vorzugsweise aus phosphorsauren Alkalien bestehen und die Chlorverbindungen darin so sehr zurücktreten, dass man sie nach dem Vorgange Liebig's auf den Gehalt des Fleisches an Blut und Lymphe zurückführen kann. Ebenso merkwürdig ist es, dass, während im Blute und namentlich im Blutserum, die Natriumverbindungen vorwiegen, im Fleische nur sehr geringe Mengen von Natrium vorkommen, wenn man vom Chlornatrium absieht, manchmal sogar keines. Nach den Untersuchungen von Liebig und Henneberg kommen:

Auf 100 Theile Natron:	Kali im Blute	Kali im Fleische
beim Huhn	40·8	381
„ Ochsen	5·9	279
„ Pferde	9·5	285
„ Fuchs	—	214
„ Hecht	—	497

Die phosphorsauren Alkalien der Fleischasche sind theils drei-, theils zweibasische, beim Huhn theils ein- und theils zweibasische; aus allen Beobachtungen geht jedenfalls so viel hervor, dass im Fleischsafte saure phosphorsaure Alkalien vorhanden sind. Dies erklärt, warum in der Fleischbrühe auch Erdphosphate gelöst sind, was freilich auch zum Theil durch die freie Milchsäure bewirkt sein könnte.

Wir theilen in Nachstehendem einige Analysen der Gesammtasche des Fleisches mit:

Fleischasche verschiedener Thiere.

In 100 Theilen Asche	Weber Pferdefleisch	Stölzel Ochsenfleisch	Staffel Kalbfleisch	Echevarria Schweinefleisch	Zedeler Stockfischfleisch
Kali	39·40	35·94	34·40	37·79	3·70
Natron	4·86	—	2·35	4·02	4·26
Magnesia	3·88	3·31	1·45	4·81	3·27
Kalk	1·80	1·73	1·99	7·54	40·22
Kalium	—	5·36	—	—	—
Natrium	1·47	—	10·59	0·40	15·11
Chlor		4·86		0·62	
Eisenoxyd	1·00	0·98	0·27	0·35	0·54
Phosphorsaures Eisenoxyd	—	—	—	—	—
Phosphorsäure	46·74	34·36	48·13	44·47	16·78
Schwefelsäure	0·30	3·37	—	—	1·64
Kieselsäure	—	2·07	0·81	—	—
Kohlensäure	—	8·02	—	—	13·56

Aus diesen Analysen ergeben sich sehr bemerkbare Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Asche des Fleisches verschiedener Thiere. Das Kalbfleisch, wenn man von dem Kochsalzgehalte absieht, ist ärmer an Alkalien wie das Ochsenfleisch und ärmer an Eisenoxyd, dagegen enthält es bedeutend mehr Phosphorsäure, als zur Hervorbringung eines alkalischen Salzes dieser Säure nöthig ist. Die so beträchtlich abweichenden Zahlen für das Stockfischfleisch finden ihre Erklärung in der Behandlung desselben; es bezieht sich nämlich die Analyse auf mit Kalkwasser gewässerten und ausgelaugten Stockfisch; durch diese Behandlung wird natürlich ein grosser Theil der löslichen Salze entfernt, während in dem Wässern mit Kalkwasser der hohe Kalkgehalt seine genügende Erklärung findet. Der Instinct hat in dieser Behandlung das von der Wissenschaft gebotene Mittel gefunden, um einen Theil der Phosphorsäure wenigstens in der Form von Knochenerde in der Speise zu behalten.

Um das Verhältniss kennen zu lernen, in welchem bei der Bereitung der Fleischbrühe, beim Sieden des Fleisches dem letzteren die löslichen Salze entzogen werden, wurden von Keller in Liebig's Laboratorium quantitative Analysen der Asche der Fleischbrühe und des unlöslichen Fleischrückstandes angestellt. Dabei wurde beobachtet, dass von der Asche des ganzen Fleisches 82 Proc. auf die Fleischbrühe kamen, dass mithin durch Kochen mit Wasser $^4/_5$ aller Salze des Ochsenfleisches ausgezogen werden können.

Berechnet man mit Keller für die Zusammensetzung der ganzen Fleischasche folgende Zahlen:

Phosphorsäure	36·60
Kali	40·20
Erden und Eisenoxyd	5·69
Schwefelsäure	2·95
Chlorkalium	14·81
	100·25

so gehen davon beim Kochen des Fleisches

	in die Fleischbrühe	es bleiben im Fleische
Phosphorsäure	26·24	10·36
Kali	35·42	4·78
Erden und Eisen	3·15	2·54
Schwefelsäure	2·95	—
Chlorkalium	14·81	—
	82·75	17·68

Diese Verhältnisse erklären zur Genüge, warum gekochtes Fleisch ohne die Brühe nicht den ganzen Ernährungswerth des Fleisches repräsentiren kann. Durch den Mangel an Salzen wird die Fähigkeit des gekochten Fleisches, eine Veränderung im Körper zu erleiden, nicht aufgehoben, aber seine Hauptbestandtheile (Fleischfibrin und Albumin) können aus Mangel an den nöthigen Vermittlern nicht mehr vollständig Blut erzeugen (Liebig). Das ausgekochte Fleisch enthält in seiner Asche über 17 Proc. Phosphorsäure mehr, als zur Hervorbringung von alkalischen Salzen dieser Säure, wie sie das Blut verlangt, erforderlich ist (Liebig).

Die Abnahme des Ernährungswerthes des eingesalzenen Fleisches erklärt sich aus ganz ähnlichen Verhältnissen. Das frische Fleisch enthält, wie uns bereits bekannt ist, über $^3/_4$ seines Gewichtes an Wasser, aber das Vermögen des Fleisches, salzhaltiges Wasser zurückzuhalten, ist weit geringer; daher kommt es, dass frisches Fleisch in Berührung mit Kochsalz, indem das Wasser desselben allmählich zu Salzwasser wird, Wasser ausfliessen lässt; dieses austretende Wasser aber: die Salzlake, enthält einen beträchtlichen Theil der wirksamen organischen und anorganischen Bestandtheile des Fleisches, sie enthält von letzteren namentlich Kaliumphosphat, welches demnach dem Fleische entzogen und durch das Kochsalz des eingesalzenen Fleisches natürlich nicht ersetzt wird. Dieser Uebelstand wird zwar durch das von Lignac vorgeschlagene Verfahren, wobei das Salz nicht von aussen eingerieben, sondern durch eine Sonde von innen als concentrirte Lösung eingespritzt, worauf dann das Fleisch erst einige Tage in Salzlake gelegt wird, verringert aber nicht gänzlich beseitigt. Zur Veranschaulichung dieser Verhältnisse dienen nachfolgende Zahlen:

Asche von ungesalzenem und von eingesalzenem Fleische.

In 100 Theilen Asche	Schweinefleisch		Ochsenfleisch	
	ungesalzen. Echevarria	Schinken. Thiel	ungesalzen. Stölzel	gesalzen. Thiel
Kali	37·79	5·30	35·94	24·70
Natron	4·02	—	—	—
Magnesia	4·81	0·54	3·31	1·90
Kalk	7·54	0·41	1·73	0·73
Kalium	—	1·25	5·36	—
Natrium	0·40	34·06	—	16·82
Chlor	0·62	53·72	4·86	25·95
Eisenoxyd	0·35	—	0·98	—
Phosphors. Eisenoxyd	—	0·10	—	1·04
Phosphorsäure	44·47	4·71	34·36	21·41
Schwefelsäure	—	0·12	3·37	0·62
Kieselsäure	—	—	2·07	0·20
Kohlensäure	—	—	8·02	—

Menge der Gesammtasche.

Bestimmungen des Gesammtaschengehalts des bei 100⁰ C. getrockneten Fleisches verschiedener Thiere wurden von v. Bibra angestellt. Er fand:

Mensch	4 Procent
Hase	4 „
Reh	4 „
Vögel	4 bis 7 Procent
Fische	4 „ 7 „

Zusammensetzungsänderungen des Fleisches durch physiologische und pathologische Verhältnisse.

Physiologische Verschiedenheiten.

Von physiologischen Verhältnissen üben auf die chemischen Verhältnisse des Muskelgewebes einen mehr oder weniger hervorragenden Einfluss aus: Art, Alter und Geschlecht der Thiere, Leistungsfähigkeit des Muskels, Ruhe und Bewegung, Zustand der Ernährung.

Thiergattung.

Die Thiergattung äussert zunächst auf den Wassergehalt der Muskeln Einfluss. Aus den vorhandenen Bestimmungen ergiebt sich, dass das Fleisch der Fische, Amphibien und der Wirbellosen wasserreicher ist, als jenes der Säugethiere und Vögel.

Der Fettgehalt des Fleisches zeigt ausserordentliche Differenzen zwar bei verschiedenen Thieren, aber auch bei einer und derselben Thierspecies, so dass sich allgemeine Schlüsse nicht wohl ziehen lassen. Nach den Untersuchungen von Valenciennes und Frémy würde sich neben

Oleïn, Palmitin und Stearin im Fette des Fleisches auch Oleophosphorsäure vorfinden, und zwar würde diese Fettsäure in verschiedenen Thierclassen in sehr wechselnder Menge enthalten sein. Die Fische mit weichem weissem Fleische, wie der Weissfisch, die Scholle und Butte, enthielten nur sehr wenig, während die Fische mit compactem Fleische, wie die Makrele, Forelle und der Lachs, sehr bedeutende Mengen davon führten. Besonders fettreich ist das Fleisch des Aals.

Ausser diesen Fetten enthalten die gefärbten Muskeln einiger Fische, wie des Lachses und der Lachsforelle, einen eigenthümlichen rothen Farbstoff, der durch Aether ausgezogen werden kann, und nach Valenciennes und Frémy aus einem Fette besteht, das die Eigenschaften einer schwachen Säure besitzt, und in einem neutralen Fette gelöst ist (Lachssäure, Acide salmonique).

Alter der Thiere.

Das Alter der Thiere äussert einen bestimmenden Einfluss auf den Wassergehalt des Fleisches; die Muskeln junger Thiere enthalten mehr Wasser, als die älterer; der Wassergehalt der Muskeln nimmt von der Jugend bis zum kräftigen Mannesalter ab, von da bis zum Greisenalter wieder zu; embryonale Muskeln sind ausserdem weicher, weniger gefärbt, durchsichtiger und enthalten, wie es scheint, mehr Glykogen, welches in diffuser körniger Form in den Sarkolemmcylindern enthalten ist. Nach Valenciennes und Frémy soll die Oleophosphorsäure mit dem Alter im Muskelgewebe zunehmen.

Geschlecht der Thiere.

Das Geschlecht macht sich dadurch geltend, dass der Wassergehalt der Muskeln weiblicher Organismen sich durchschnittlich höher stellt, als jener männlicher Thiere. Die Leistungsfähigkeit des Muskels steht ebenfalls in einer bestimmten Beziehung zu seinem Wassergehalte. Sein Wassergehalt ist um so grösser, je grösser die Leistungsfähigkeit. Die Rückenmuskeln enthalten weniger Wasser als die Schenkelmuskeln, der wasserreichste Muskel ist das in fortwährender Arbeitsleistung begriffene Herz (J. Ranke).

Ruhe und Bewegung.

Ruhe und Bewegung. Nachdem bereits Helmholtz ermittelt hatte, dass im bewegten Muskel der Gaswechsel ein energischerer sei, er mehr Wärme entwickle, freie Säure erzeuge und in den, durch elektrische Reizung ermüdeten Muskeln das Alkoholextract vermehrt, das Wasserextract vermindert sei, im Vergleiche zu Muskeln derselben Art, die in Ruhe verblieben waren, welche Angaben von J. Ranke und von Niegetiet und Hepner bestätigt wurden, hat J. Ranke die umfassendsten Untersuchungen über die physikalischen und chemischen Veränderungen der Muskeln während ihrer Contraction an verschiedenen Thieren angestellt. Die chemischen Veränderungen, welche die Muskelarbeit begleiten, und die man als einigermaassen sicher festgestellt betrachten kann, sind nachstehende:

1) Während der Muskelcontraction (Tetanus), findet eine Anhäufung der Zersetzungsproducte der Muskelsubstanz statt, welche aber im

lebenden Körper sofort ins Blut übertreten; Folge der Contraction ist daher Vermehrung des Wassers und Verminderung der festen Stoffe im Muskel. Die Vermehrung des Wassergehaltes findet nicht statt bei ausgeschnittenen tetanisirten Muskeln, es findet daher keine Bildung von Wasser während des Tetanus statt, sondern Wasser gelangt durch Diffusion aus dem Blute in den Muskel. Dem entsprechend fand Ranke auch das Blut tetanisirter Muskeln wasserärmer als das Blut ruhender. Tetanische Muskeln sind endlich um so wasserreicher, je reicher an festen Stoffen sie vor der Contraction waren.

2) Der thätige Muskel bildet mehr Kohlensäure wie der ruhende, welche im lebenden Muskel an das Blut, im ausgeschnittenen an die Luft abgegeben wird (Matteucci, Valentin, Ludwig und Sczelkow, Ludwig und A. Schmidt, Danilewsky).

3) Der thätige Muskel nimmt mehr Sauerstoff auf, wie im Zustande der Ruhe (Ludwig und Sczelkow, Ludwig und A. Schmidt).

4) Bei der Muskelaction findet Bildung von Fleischmilchsäure statt. (Der lebende geruhte Muskel reagirt neutral, der lebende tetanisirte, so wie der todtenstarre sauer.) Jeder Muskel besitzt, nach seiner Entfernung aus dem Blutkreislaufe, ein unveränderliches Säurebildungsmaximum, welches proportional seiner Leistungsfähigkeit ist. Durch die Muskelarbeit aber wird das Säurebildungsmaximum herabgesetzt, der tetanisirte Muskel erzeugt weniger Säure als der geruhte (J. Ranke).

Weitere Angaben über die chemischen Veränderungen bei der Muskelthätigkeit sind zum Theil bestritten, zum Theil nicht mit ausreichender Sicherheit festgestellt. So soll die Menge des Kreatins durch die Muskelthätigkeit vermehrt werden, eine Angabe von Liebig und Sarokin, welche aber von Nawrocki eben so wenig bestätigt wurde, wie eine andere des Letzteren, der während der Muskelthätigkeit eine Umwandlung des Kreatins in Kreatinin stattfinden lässt.

J. Ranke schliesst aus seinen Versuchen, dass durch den Tetanus eine Vermehrung des Zuckers und des Fettes im Muskel bewirkt werde; bezüglich des erstgenannten Körpers erscheint aber die angewandte analytische Methode bedenklich, bezüglich des zweiten die Differenz so gering, dass die Angaben bis auf Weiteres mit Vorsicht aufzunehmen sind. Dasselbe gilt von der Angabe desselben Physiologen, dass der Gehalt an Eiweisskörpern im tetanisirten Muskel geringer sei. Die Differenzen sind, wie Nawrocki fand, zu gering, um Beweiskraft beanspruchen zu können. Ebenso steht es mit der Angabe von Sczelkow, dass während der Muskelarbeit flüchtige Fettsäuren verbrannt würden. Das Resultat dieser nach einer ganz ungenauen Methode angestellten Beobachtungen ist nicht der Art, um etwas zu beweisen.

Schottin hat gefunden, dass der Wassergehalt der Muskeln in einer nahezu unveränderlichen Beziehung zum Wassergehalte

des Blutserums stehe; durchschnittlich enthält nämlich der Muskel 9·9 Proc. Wasser weniger, als das Blutserum des betreffenden Thieres; auch aus den von J. Ranke angestellten Beobachtungen ergiebt sich, dass zwischen dem Wassergehalte des Blutes und Muskels eine ganz bestimmte functionelle Beziehung besteht. Je grösser nämlich die Leistung eines Muskels, desto wasserreicher finden wir ihn nachher, desto wasserärmer oder concentrirter wird aber das Blut.

Die Beobachtungen Grützner's, dass das Filtrat des tetanisirten, mit einer 0·5 procentigen Pyrogallollösung zerriebenen Muskels wasserhell, oder höchstens schwach weingelb erscheine, jenes des ruhenden nach gleicher Behandlung bräunlich, und dass letzteres Purpurogallin enthalte; sowie dass der unthätige Muskel unabhängig von seiner stärkeren Alkalescenz eine stärker oxydirende Wirkung ausübe, ist in Uebereinstimmung mit der bekannten Thatsache, dass der thätige Muskel Sauerstoff verbraucht. Grützner fand ferner, dass eine Mischung von Pyrogallol und einer Eisenoxyd- oder Oxydullösung durch tetanisirte Muskel violett gefärbt wird, durch unthätige aber nicht, welche Reaction er auf die durch Anwesenheit von milchsaurem Alkali bedingte Bildung von pyrogallussaurem Eisenoxydul zurückzuführen geneigt ist. Noch bestimmter wies die reducirenden Wirkungen des thätigen Muskels Gscheidlen nach, indem er constatirte, dass der thätige Froschmuskel Nitrate in Nitrite verwandelt. Die reducirenden Stoffe des Muskels fand er in Alkohol löslich.

Durch vorangegangene anstrengende Thätigkeit wird die Erregbarkeit des Muskels auf einige Zeit herabgesetzt (Ermüdung). J. Ranke sieht die Ursache der Ermüdung in der Anhäufung von Umsatzproducten des Muskels, welche bei seiner Thätigkeit in grösserer Menge gebildet und nicht sofort wieder resorbirt werden. Er fand, dass durch Auswaschen des Blutes der ermüdete Muskel wieder reactionsfähig wird, und dass dabei das Blut nicht als solches, sondern nur insoferne einen Einfluss ausübt, als es die, durch die Muskelaction gebildeten „ermüdenden Stoffe“ aufgenommen hat. Im Gegensatze hierzu ermüden leistungsfähige Muskeln, wenn man sie mit den normalen Muskelzersetzungsproducten (Fleischbrühe) imprägnirt. Auswaschen derselben durch die Lösungen indifferenter Stoffe (Kochsalzlösung von $^1/_2$ Proc. Gehalt) hebt die Ermüdung wieder auf. Unter normalen Verhältnissen erfolgt die Erholung dadurch, dass durch die Circulation die ermüdenden Stoffe weggeschwemmt werden.

Ermüdende Stoffe.

Von den normal im Muskel vorkommenden Zersetzungsproducten der Muskelsubstanz wirken nur Milchsäure, saures Kaliumphosphat und Kohlensäure (L. Hermann) ermüdend, während sich Kreatin und Zucker indifferent verhalten. Durch vorsichtige Neutralisation der injicirten Milchsäure mit Natriumcarbonat, kann die Leistungsfähigkeit des Muskels wieder hergestellt werden; unter normalen Verhältnissen geschieht dieses jedenfalls durch die den Muskel umspülen-

den alkalischen Ernährungsflüssigkeiten. Vorsichtige Neutralisation mit Kreatinin hat dieselbe Wirkung, wie Neutralisation mit Natriumcarbonat. Keinen nachweisbaren Einfluss auf die Kraft und Erregbarkeit des Muskels beobachtete J. Ranke von Injectionen von Harnsäure und harnsauren Salzen, während Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Essigsäure, Weinsäure, Oxalsäure und Ameisensäure in passender Verdünnung und mit 0·7 procentiger Kochsalzlösung gemischt, sich im Allgemeinen analog der Milchsäure verhielten. Nicht direct auf den Muskel wirken fernerhin Harnstoff und Hippursäure, wohl aber machen sie die Reflexe verschwinden; die Hippursäure scheint ausserdem eine lähmende Wirkung auf das Herz auszuüben. Direct lähmend und die Leistungsfähigkeit des Muskels vernichtend wirken endlich Chlorkalium und Kaliumsalze (Podcapaew, Guttmann), gallensaure Salze, Natriumcarbonat und Kreatinin, letztere aber nur allmählich.

J. Ranke fand, dass die muskelermüdenden Stoffe: Milchsäure und saures Kaliumphosphat, die elektromotorische Kraft der Muskeln stark herabsetzen, ja ganz vernichten können, während das Auswaschen dieser Stoffe aus dem Muskel durch Kochsalzlösung von 0·7 Proc., die elektromotorische Kraft wieder herstellt. Die für die Arbeitsleistung des Muskels indifferenten Stoffe sind auch ohne Einwirkung auf die elektromotorische Kraft, dagegen vernichten jene Stoffe, welche lähmend wirken, auch den Muskelstrom. In diesem Verhalten sieht Ranke den Grund der ermüdenden und lähmenden Wirkung der oben angeführten Stoffe, indem er voraussetzt, dass die im Muskel kreisenden elektrischen Ströme die Grösse und Richtung der in selbem stattfindenden chemischen Stoffänderungen wesentlich beeinflussen. Bezüglich der Theorien, welche (auf hypothetischer Grundlage) über die Wirkung der ermüdenden Stoffe, über die Restitution des Muskels und über die Muskelthätigkeit überhaupt von J. Ranke und von L. Hermann aufgestellt sind, verweisen wir auf die Lehrbücher der Physiologie der beiden genannten Autoren.

Zustand der Ernährung.

Zustand der Ernährung. Ernährungsstörungen bedingen Zunahme des Wassergehaltes der Muskeln; bei anhaltenden Ernährungsstörungen geht dieselbe Hand in Hand mit einer Zunahme des Wassergehaltes des Gehirns und des Rückenmarkes. Damit im Zusammenhange steht es, dass, wie Falck und Scheffer gefunden haben, verdurstende Thiere unter allen Geweben aus den Muskeln am meisten Wasser verlieren. Bei einem 19jährigen Mädchen, welches in Folge einer Strictur des Oesophagus an Inanition zu Grunde ging, fand O. Schultzen die Muskeln braunroth, trocken, die Querstreifung sehr undeutlich, die Reaction alkalisch. Das Kreatin war nicht nachweisbar, aber viel Kreatinin vorhanden. Ausserdem fand Schultzen Leucin und etwas Harnsäure. Ueber die Verhältnisse des Gaswechsels im Muskel werden wir unter Respiration näher eingehen.

Pathologisch-chemische Veränderungen.

Ueber die pathologisch-chemischen Veränderungen der Muskelsubstanz weiss man noch weniger, als über die physiologischen. Die be-

deutendste auf diesem Gebiete ermittelte Thatsache ist die, dass in der Cholera die Muskeln Harnstoff enthalten, der bekanntlich im Muskelgewebe der Säugethiere unter normalen Verhältnissen gänzlich fehlt; er findet sich bei dieser Krankheit in den Muskeln sogar in reichlicherer Menge als im Blute und anderen Geweben (Buhl und Voit, v. Bibra). Ausserdem ist in der Cholera der Wassergehalt des Muskels vermindert.

Harnstoff im Muskelgewebe bei der Cholera.

Der Thatsache des Harnstoffgehaltes giebt man die Deutung, dass auch im normalen Stoffwechsel des Muskels Harnstoff erzeugt, aber in der Gesundheit aus dem Gewebe sofort durch das Blut weggeschafft werde; Liebig vermuthet, dass insbesondere der Kochsalzgehalt des gesunden Blutes seine Elimination befördere; in der Cholera aber verliert das Blut neben vielem Wasser auch den grössten Theil seines Kochsalzes und dadurch wird die Möglichkeit geboten, dass der Harnstoff sich im Muskelgewebe anhäufen kann. Da in Choleraleichen diejenigen Muskeln vorzüglich reich an Harnstoff sind, welche während der Krankheit von starken Krämpfen befallen waren, so wird es mehr als wahrscheinlich, dass durch die Thätigkeit des Muskels die Harnstofferzeugung wo nicht bedingt, so doch mindestens gesteigert werde. Bibra fand bis zu 0·3 Proc. Harnstoff des getrockneten Muskels.

Nach Unterbindung der *Arteria iliaca communis* bei Kaninchen beobachtete Chandelon Verminderung des Glykogengehaltes der Muskeln, während Durchschneidung der *Nervi ischiadic.* und *cruralis* denselben erhöhte.

In einzelnen Gelenkhöhlen und in den Muskeln eines Alligator Sclerops, welcher angeblich erst wenige Tage vorher gestorben war, fanden Pagenstecher und Carius festweiche, kreideweisse, aus Harnsäure und harnsauren Salzen bestehende Concremente. Das Fleisch des Thieres enthielt Harnsäure, kleine Mengen von Xanthin und Harnstoff, wenig Leucin und ziemlich viel Kreatinin. Dabei ist daran zu erinnern, dass in dem Fleische eines Alligators, welcher der Giessener Anatomie zukam, schon vor vielen Jahren (1849) Harnsäurekrystalle nachgewiesen wurden.

Virchow fand in einem Schinken weisse harte Einsprengungen von ziemlicher Grösse, die in Salzsäure sich ohne Gasentwickelung lösten, und welche er für Guanin oder einen ähnlichen Körper hielt. Entscheidende Versuche wurden damit nicht angestellt. Seit aber Pencile nachwies, dass der Harn der Schweine Guanin enthält, ist an der Richtigkeit des Befundes nicht mehr zu zweifeln.

Eine andere, in den Bereich der Chemie fallende pathologische Veränderung des Muskelgewebes ist seine fettige Entartung, welche theils auf übermässiger Fettablagerung in das interstitielle Bindegewebe, theils auf Fettumwandlung oder Resorption der Muskelsubstanz mit Fettansatz beruht. In den fettig entarteten Oberschenkelmuskeln eines männlichen Individuums fand G. Liebig 49 Proc. Fett des frischen Fleisches. Die Natur der Fette bei fettiger Entartung ist nicht näher ermittelt. In

dem von G. Liebig beobachteten Falle blieb das ausgelassene Fett auch nach dem Erkalten flüssig, war also wohl reich an Oleïn.

Im Fleische einer sogenannten Kalbsmumie, d. h. eines Kalbsfötus, welcher nach dem Absterben mindestens noch 3 bis 4 Monate lang im Uterus verweilt hatte, und welcher keine Spur von Fäulniss zeigte, fand Forster die organischen Bestandtheile des Fleisches unverändert und nahezu in denselben Mengen, wie im frischen Kalbfleische. Der Aschengehalt dagegen war erheblich vermindert, namentlich betraf die Verminderung die Kaliumsalze. Auch der Wassergehalt war kaum niedriger, wie jener des normalen Kalbsmuskels. Bei einem zweiten mumificirten Kalbsfötus, der aber mindestens ein Jahr im Uterus verweilt hatte, war der Wassergehalt der Muskeln und der Leber erheblich vermindert.

Ueber den Chemismus der Zubereitung des Fleisches als Nahrungsmittel.

Culinarische Beziehungen.

Das Fleisch, wie es von den Menschen der Culturländer genossen wird, erfährt vorher eine Zubereitung. Je nach der Art der Zubereitung aber wird ein Nahrungsmittel von sehr verschiedenem Ernährungswerthe gewonnen, und es unterscheiden sich in dieser Beziehung gesottenes, gebratenes und gedämpftes Fleisch sehr wesentlich. Die bei den verschiedenen Zubereitungsmethoden stattfindenden chemischen Vorgänge hat Liebig in seinen chemischen Briefen eingehend erörtert. Nachfolgendes ist ein Auszug daraus:

Gesottenes Fleisch mit der dabei gewonnenen Fleischbrühe enthält den unverkürzten Nahrungswerth des Gesammtfleisches; ohne die Fleischbrühe aber, nur einen Theil der nahrhaften Fleischbestandtheile und zwar um so weniger, je vollständiger die löslichen Stoffe ausgezogen sind.

Sieden des Fleisches.

Beim Kochen des Fleisches hat das zugegossene Wasser, unterstützt von der Wärme die Wirkung, dass die in dem Fleische enthaltenen löslichen Stoffe mehr oder weniger vollständig ausgelaugt werden. Hierher gehören vorzugsweise die anorganischen Salze des Fleisches, und es genügt in der That einen Blick auf die Analysen der Asche des Fleisches, der Fleischbrühe und des ausgekochten und ausgelaugten Fleisches zu werfen (s. w. o.), um zu sehen, dass beim Kochen des Fleisches und Auslaugen desselben die überwiegende Menge der Salze in die Fleischbrühe geht. Es gehören aber zu den auslaugbaren Stoffen auch Kreatin, Kreatinin, milchsaure und inosinsaure Salze; endlich die leimgebenden Gewebe, die wenigstens nach längerem Kochen sich in Leim verwandeln und dann in Lösung gehen.

Wird, wie dies häufig geschieht, das Fleisch in kaltem Wasser angesetzt und dies erst allmählich zum Sieden gebracht, so verliert das Fleisch die auslaugbaren Stoffe in grosser Menge, indem dieselben in die Fleischbrühe gehen; in diesem Falle wird die Fleischbrühe sehr kräftig und um so kräftiger, je langsamer das Fleisch erwärmt und zum Sieden gebracht wird; so lange die Temperatur noch nicht 60° C. erreicht hat, wird auch lösliches Albumin ausgezogen, welches ebenfalls in die Fleischbrühe geht und dem Fleische entzogen wird, welches dadurch natürlich an Nährwerth verliert; ist aber die Temperatur auf 65 bis 70° C. gestiegen, so gerinnt das in der Fleischbrühe ge-

löste Albumin, welches in der Küche als eine graue Masse abgeschöpft und entfernt wird. Gleichzeitig aber gerinnt auch das noch im Fleische befindliche lösliche Albumin und dadurch wird der weiteren Auslaugung des Fleisches überhaupt eine Grenze gesetzt. Das Albumin verstopft nämlich von dem Augenblicke seiner Gerinnung an die Wege, durch welche der Saft im Inneren mit dem äusseren Wasser communicirte. Von diesem Zeitpunkte an kann durch die vom geronnenen Albumin gebildete Hülle kein Wasser, sondern nur noch Wärme in das Innere des Fleisches dringen; sie bewirkt dort, während alles noch vorhandene Flüssige und Gelöste mit der Faser vereinigt bleibt, das Garwerden des Fleisches und, wenn sie richtig wirkt und das Fleisch möglichst rasch zum Kochen gebracht wurde, den Zustand, welchen man saftig nennt. Bei der gewöhnlichen Methode des Fleischsiedens dauert daher die Auslaugung nur eine Zeit lang und erstreckt sich nur auf eine geringe Tiefe.

Gekochtes Fleisch, wenn es ohne Fleischbrühe genossen wird, eignet sich zur Ernährung um so weniger, mit je mehr Wasser dasselbe angesetzt und je langsamer das Wasser bis zum Gerinnungspunkte des Albumins erwärmt wurde, je vollständiger, mit anderen Worten, seine löslichen Bestandtheile ausgelaugt wurden. Je mehr dies der Fall ist, desto fester und ungeniessbarer wird ausserdem das Fleisch, denn die riechenden und schmeckenden Bestandtheile des Fleisches gehen ebenfalls in die Fleischbrühe, so dass völlig ausgelaugtes Fleisch verschiedener Thiere durch den Geschmack kaum mehr unterschieden werden kann und ausgelaugtes Kalbfleisch z. B. mit dem Safte von Ochsenfleisch genossen genau den Geschmack des letzteren besitzt.

Die Fleischbrühe.

Die Fleischbrühe enthält ausser den löslichen Bestandtheilen des Fleischsaftes noch Leim, entstanden durch die Umsetzung der leimgebenden Gewebe, geringe Mengen durch Hitze unvollständig gerinnbarer Albuminstoffe, nicht näher gekannte riechende und schmeckende Stoffe, Fett und die oben unter Aschenbestandtheile der Fleischbrühe angeführten anorganischen Salze. Chevreul erhielt von 1 Pfund, möglichst von Fett und Knochen befreiten Fleisches, durch Sieden mit Wasser (3 Pfund) durch 5 Stunden eine Fleischbrühe, welche in 100 Thln. nach der Entfernung des Fettes enthielt:

Wasser (mit Spuren flüchtiger Stoffe)	98·86
Feste organische Stoffe im luftleeren Raume getrocknet (Leim, Albuminstoffe, Kreatin etc.)	1·27
Kali, Natron, Kalk, Bittererde, an Chlor, Phosphorsäure etc. gebunden	0·29
	100·42

Demnach enthält gute Fleischbrühe etwa 1·4 Proc. aufgelöster Stoffe. Nach Versuchen von Liebig lösen sich, wenn man gehacktes Fleisch in kaltem Wasser erschöpft, von 100 Thln. Ochsenfleisch 6 Thle. auf, wovon 2·95 als Albumin gerinnen und 3·05 gelöst bleiben.

Von 100 Thln. Hühnerfleisch lösen sich 8 Thle. auf, wovon 4·7 als Albumin gerinnen und 3·3 gelöst bleiben. Im allergünstigsten Falle könnte daher das Wasser aus dem Ochsenfleische 3 Proc. aufnehmen, welche noch durch den Leim (neben etwa 2 Proc. Fettaugen) vermehrt werden, in welchen sich beim Kochen die leimgebenden Gewebe des Fleisches verwandeln. Es geben aber 100 Thle. vollständig ausgelaugtes Ochsenfleisch 0·6, Kalbfleisch 4·75 Thle. Leim nebst anderen gelösten Stoffen, also etwa $\frac{1}{5}$ nur von dem, was der Fleischsaft bieten kann.

Die ebenfalls ermittelte Thatsache, dass Ochsenfleisch 15, Hammelfleisch 10, Hühnerfleisch $13\frac{1}{2}$ Proc. beim Kochen von seinem Gewichte verliert, während die Fleischbrühe verhältnissmässig so arm an festen Stoffen ist, verliert

alles Auffallende, wenn man bedenkt, dass das Fleisch beim Kochen Wasser ausfliessen lässt, aber keines dafür aufnimmt.

Der Wohlgeschmack der Fleischbrühe wird durch geringen Zusatz von Säuren (Milchsäure, Citronensäure) gesteigert und pikanter, während alkalische Flüssigkeiten denselben wesentlich beeinträchtigen.

Die Wirksamkeit der Fleischbrühe als Nahrungsmittel muss in ihrem Gehalte an den Salzen des Blutes, ausserdem aber auch in den extractiven Materien gesucht werden, ist aber damit keineswegs nach allen Seiten vollständig aufgeklärt. Dass ihr Ernährungswerth nicht, wie man irrthümlich geglaubt hat, durch den geringen Leimgehalt bedingt ist, haben zahlreiche Erfahrungen über die Wirksamkeit oder besser Unwirksamkeit der Gallertsuppen und Bouillontafeln (trocknes Extract der Knochensuppen) dargethan.

Liebig's Fleischextract.

Ein rasch in Aufnahme gekommenes Fleischpräparat ist das von Liebig empfohlene und nun vielfach ärztlich angewendete Fleischextract (Extractum Carnis), welches man durch halbstündiges Erwärmen und Kochen feingehackten, von allem Fett möglichst befreiten Fleisches mit der acht- bis zehnfachen Wassermenge, Abschöpfen des auf der Brühe schwimmenden Fettes und Abdampfen im Wasserbade in Porzellanschalen zur Extractconsistenz erhält und welches gegenwärtig in Südamerika (Uruguay) und in Australien aus Büffel- und Schaffleisch in grossem Maassstabe fabrikmässig dargestellt wird. Es ist als eine concentrirte Fleischbrühe zu betrachten und repräsentirt, da die Eiweisskörper darin fehlen, selbstverständlich kein vollkommenes Nahrungsmittel, thut aber als Zusatz zu Suppen, Saucen etc. und in der Reconvalescentendiät sehr gute Dienste und ist gleichzeitig als Nervenerregungsmittel von diätetischem Werthe. Von der Erwägung ausgehend, dass bei der Bereitung des Fleischextractes zwar die sogenannten Nährsalze und die Extractivstoffe des Fleisches (Fleischbasen, milchsaure Salze etc.) in das Präparat eingehen, nicht aber die Eiweisskörper, welche bei der Bereitung vorher abgeschieden werden, haben Leube und J. Rosenthal versucht durch Extraction fein gehackten Fleisches mit 1procentiger Salzsäure unter stärkerem Drucke in luftdicht verschlossenen Gefässen den Gesammtgehalt des Fleisches an nährenden Bestandtheilen in löslicher peptonisirter Form, und dadurch ein wirksames Nahrungsmittel für solche Kranke zu gewinnen, deren Magenfunctionen gestörte sind; so dass bei der Verdauung die Hauptfunction des Magens diesem erspart würde. Die bisherigen Erfahrungen über die nährende Wirkung dieser künstlichen Peptone (Fleischsolution) bei Magenkranken sind sehr günstig. Um Magenkranke per rectum zu ernähren, empfiehlt Leube die Fleischpankreasklystiere, zu deren Bereitung 150 g fein zerhacktes Fleisch mit fein zerhackter fettfreier Pankreasmasse (50 g) unter Zusatz von 100 g lauwarmen Wassers zu einem dicken Breie angerührt werden.

Leube's u. Rosenthal's Fleischsolution.

Braten des Fleisches.

Eine andere Zubereitung des Fleisches ist das Braten desselben. Beim Braten geschieht die Einwirkung der Wärme auf das Fleisch ohne Wasser, zuweilen unter Vermittelung des Fettes, zuweilen auch ohne dieses. Bei dem Braten wird das Fleisch in seinem eigenen Safte, der grösstentheils darin bleibt, gar, man erhält also bei dieser Zubereitung das Fleisch mit nahezu seinem vollen Ernährungswerthe, aber keine Fleischbrühe. In den Privathaushaltungen Deutschlands geschieht das Braten gewöhnlich in bedeckten Pfannen; bei den Engländern und in grösseren Küchen überhaupt, an einem Bratenwender in der strahlenden Hitze einer Kohlenglut; in einem untergesetzten Becken sammelt sich das Fett und der abträufelnde Saft. Beim vorsichtigen Braten verdunstet ein Theil des an die Oberfläche des Fleischstückes tretenden Saftes

auf diesem selbst, und giebt der Oberfläche die dunkelbraune Farbe, den Glanz und den starken gewürzhaften Bratengeschmack. Hierdurch sowie durch einen gewissen Grad von Braunröstung bildet sich rasch eine Hülle um das Fleischstück, die das Ausfliessen des Saftes wesentlich beeinträchtigt. Selbst bei sehr lange fortgesetztem Braten dringt die äussere Hitze nicht vollständig ins Innere. Steigt die Temperatur des Fleisches im Inneren nur auf etwa 56° C., so wird das Fleisch blutig gar, d. h. es ist im Inneren noch roth gefärbt und theilweise blutig, stieg aber die Temperatur im Inneren auf 70 bis 75° C., bei welcher Temperatur nicht allein das Albumin, sondern auch der Blutfarbstoff gerinnt, so wird es vollkommen gar. Der Umstand, dass bei dem Braten des Fleisches die Hitze nur schwierig ins Innere dringt, erklärt, warum grosse Fleischstücke beim Braten besser und zarter werden als kleine. Kleine Stücke können nur durch rasches und kurzes Eintauchen in sehr heisses Fett saftig gebraten werden (Beefsteaks).

Dämpfen des Fleisches. Das Dämpfen des Fleisches ist ein Mittelweg zwischen Braten und Sieden, indem das Garwerden durch die Einwirkung des Dampfes erfolgt, welcher das Fleisch umgiebt.

Beim Braten findet Gewichtsverlust statt, der sich beim Rindfleisch auf 19, beim Hammel auf 24, beim Lamm auf 22, bei Hühnern auf 24 Proc. beläuft.

Einsalzen und Räuchern. Das Einsalzen und Räuchern des Fleisches sind Bereitungsmethoden mit dem bestimmten nächsten Zwecke, das Fleisch längere Zeit geniessbar zu erhalten und vor der Fäulniss zu bewahren; bei beiden Methoden kommt daher zunächst die antiseptische Wirkung des Salzes und der im Rauche enthaltenen Stoffe in Betracht.

Wir haben bereits weiter oben auseinandergesetzt, dass bei der gewöhnlichen Bereitung des Pöckelfleisches, dasselbe einen grossen Theil seines Ernährungswerthes verliert, indem ein erheblicher Theil des Fleischsaftes dabei in die Salzlake geht. Es lässt sich aber, wie Versuche gezeigt haben, diesem Verluste vorbeugen, wenn die Salzlake bis zum Auskrystallisiren des Kochsalzes abgedampft und die rückständige syrupdicke Mutterlauge (welche eine sehr concentrirte Auflösung von Fleischextract darstellt) nach dem Garkochen des Salzfleisches diesem zugesetzt und mitgenossen wird. Auch das weiter oben besprochene Verfahren von Lignac scheint gute Resultate zu versprechen, während Versuche, aus der Salzlake das Salz durch Dialyse zu entfernen und den Rest als Suppe zu verwenden, der Natur der Sache nach keinen Erfolg haben konnten, da mit dem Salze auch die für den Ernährungswerth so bedeutungsvollen phosphorsauren Alkalien und Kreatin diffundiren mussten, ja selbst ein erheblicher Theil des Eiweisses mit durchging.

Bei dem Räuchern des Fleisches findet eine Coagulation des Albumins des Fleisches durch das Kreosot und vielleicht auch noch andere Bestandtheile des Rauches statt, wodurch die Fleischstücke mit einer für die atmosphärische Luft undurchdringlichen Schicht umgeben werden sollen. Wir bezweifeln, ob durch diese Annahme die antiseptische Wirkung des Rauches genügend erklärt ist.

b. Glatte Muskeln, contractile Faserzellen.

Glatte Muskeln u. contractile Faserzellen. Die Zellensubstanz der contractilen Faserzellen, die zu Bündeln gruppirt in den sogenannten glatten Muskeln, sonst aber auch in an-

dere Gewebe eingestreut vorkommen, scheint dieselbe zu sein, wie jene der gestreiften Muskelfasern (C. G. Lehmann). Dasselbe gilt von den sonstigen Bestandtheilen der glatten Muskeln. Sie reagiren gewöhnlich neutral oder schwach alkalisch, und es wurden darin Albumin, Natronalbuminat (Caseïn?), Kreatin, Hypoxanthin, Milchsäure, Ameisensäure, Essigsäure und Buttersäure und verhältnissmässig mehr Kalium- als Natriumverbindungen gefunden.

In den bekanntlich nicht quergestreiften Muskeln der Mollusken (Acephalen und Cephalopoden) fanden Valenciennes und Frémy Kreatin, Kreatinin, Taurin und saures Kaliumphosphat. In den Muskeln einer an der Ostküste der Vereinigten Staaten von Nordamerika häufigen Muschel: *Pecten irradians* fand Chittenden Glycin und Glykogen.

VI. Chemie des Gehirns und Nervengewebes.

Gehirn.

Literatur: v. Bibra: Vergl. Unters. über das Gehirn des Menschen und der Wirbelthiere. Mannheim 1854. — Derselbe: Ueber das Rückenmark und die Nerven. Ann. d. Chem. u. Pharm. XCI, S. 1. — Schlossberger: Erster Versuch einer allgem. u. vergl. Thierchemie. Leipzig 1856 (Nerven- und Muskelgewebe). — W. Müller: Ann. d. Chem. u. Pharm. CIII, 131; CV, 361. — Scherer: Ann. d. Chem. u. Pharm. CVII, 314. — Lorenz: Ueber die chemische Zusammensetzung d. Gehirns. Inauguraldissert. Würzburg 1859. — Neukomm: Ueber das Vorkommen von Leucin, Tyrosin u. s. w. im menschlichen Körper bei Krankheiten. Dissert. Zürich 1859. — M. Schultze: Journ. f. prakt. Chem. LXXXII, S. 1. — O. Liebreich: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXXXIV, 29. — Diakonow: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1868. Nro. 7. — Horsford: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXLIX, 202. — Petrowsky: Arch. f. Physiol. VII, 367. — Köhler: Ueber die fälschl. Hirnfette genannten Substanzen etc. Halle 1868. — J. Ranke: Die Lebensbedingungen der Nerven. Leipzig 1868. — Heidenhain: Studien des physiol. Instituts zu Breslau IV, Leipzig 1868. S. 248. — Funke: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1869. S. 721. — J. Ranke: ebenda 1868. S. 967. — Gscheidlen: Arch. f. Physiol. VIII, (1873). S. 172. — Bernhardt: Arch. f. path. Anat. LXIV. 297. — Jaksch: Arch. f. Physiol. XIII. 469. — A. Ewald und W. Kühne: Verhandl. des naturhistor.-med. Vereins zu Heidelberg. I. 5. Heft. — Treitel: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. S. 147. — Thudichum: Chem. News XXXI. 112.

Obgleich das Gehirn wiederholt Gegenstand mehr oder weniger umfassender chemischer Untersuchungen war, so sagen wir doch kaum zu viel, wenn wir behaupten, dass es zu den chemisch am Unvollständigsten gekannten Thiersubstanzen gehört. Seine Mischung ist eine so eigenthümliche und gleichzeitig so complexe, dass hier die chemische Unter-

suchung auf mehr Schwierigkeiten stösst, als bei irgend einem anderen Gewebe.

Chemische Bestandtheile des Gehirns.

Chemische Bestandtheile.

Zu den mehr oder weniger constanten und normalen Bestandtheilen des Gehirns zählen wir folgende:

Wasser, — eigenthümliche, dem Myosin in manchen Beziehungen ähnliche, in anderen davon abweichende Eiweisskörper, — ein dem Elastin ähnlicher Stoff, — Neurokeratin (vergl. S. 694), — Nucleïn, — Collagen, — geringe Mengen löslichen Albumins (bei + 75° coagulirend), — Cerebrin und Lecithin, sowie die Zersetzungsproducte des letzteren: Glycerinphosphorsäure, Oleophosphorsäure und andere phosphorhaltige fettartige in Aether lösliche Stoffe, — Palmitinsäure, — geringe Mengen wirklicher Fette (?), — Cholesterin, — Inosit, — Hypoxanthin, Xanthin, Kreatin, — milchsaure Salze (gährungsmilchsaure), — flüchtige Fettsäuren, — Harnsäure, — anorganische Stoffe, worunter freie (d. h. nicht an anorganische Basen gebundene) Phosphorsäure, — phosphorsaure Alkalien, namentlich viel Kalium-, Calcium- und Magnesiumphosphat, Eisenoxyd, Kieselerde, geringe Mengen von schwefelsauren Alkalien und Chlornatrium, Fluor (Horsford), — Ammoniak (?).

Ausnahmsweise und wohl nur pathologisch wurden im Gehirn ausserdem gefunden: Leucin und Harnstoff.

Liebreich's Protagon wird gegenwärtig als ein Gemenge von W. Müller's Cerebrin und Lecithin betrachtet; dasselbe gilt von Köhler's Myeloidin und Myeloidinsäure. Die von Letzterem erhaltenen Stoffe sind sehr wahrscheinlich insgesammt nur Gemenge.

Vertheilung und nähere Charaktere der Gehirnbestandtheile.

Was die Vertheilung dieser Bestandtheile auf die morphologischen Elemente des Gehirns anbelangt, so wissen wir auch darüber verhältnissmässig wenig.

Der eigenthümliche Eiweisskörper, welcher im Gehirn und in den Nerven vorkommt (die chemischen Bestandtheile der letzteren sind von denen des Gehirns qualitativ nicht verschieden), gehört nach den Untersuchungen von Purkinje und R. Wagner, namentlich aber auch nach den neueren von Kölliker, dem Achsencylinder jedenfalls vorzugsweise an. Derselbe quillt, nach den Untersuchungen des letztgenannten Anatomen, in concentrirter Essigsäure auf, löst sich aber selbst beim Kochen nur langsam darin. Auch Alkalien greifen ihn in der Kälte nur langsam an, lösen ihn aber schnell beim Erhitzen. Salpetersäure färbt ihn gelb und Kali dann hochgelb. In Wasser löst er sich selbst beim Kochen nicht auf, ebenso wenig in Aether und Alkohol; durch die beiden letzteren Reagentien aber, sowie durch Sublimat, Chrom-

säure und Jod schrumpft er etwas ein. Ob der im todten Gehirn und Nerv gefundene coagulirte Eiweissstoff auch während des Lebens bereits geronnen ist, kann als vorläufig noch unentschieden gelten. Die graue und weisse Substanz geben an eine verdünnte Chlornatriumlösung einen Eiweisskörper ab, der aus der Lösung durch gesättigte Kochsalzlösung, sowie auch durch viel Wasser gefällt wird (Petrowsky). Das Nucleïn gehört der grauen Substanz, möglicher Weise aber auch der weissen an (Jaksch), das Neurokeratin vorzugsweise den Hornscheiden der markführenden Nerven und der grauen Substanz (Kühne).

Die in Aether löslichen fetten und fettähnlichen Stoffe des Nervengewebes und Gehirns: Cerebrin, Lecithin und seine Zersetzungsproducte, gehören hauptsächlich der Markscheide an. Doch enthält die Markscheide und die weisse Substanz auch einen Eiweisskörper; denn der in Aether und Alkohol unlösliche Theil des Markes zeigt alle Reactionen derselben, unter anderen auch die Röthung durch Zucker und Schwefelsäure, welche der Achsencylinder nicht zeigt. Die Primitivfaserscheide (Röhrensubstanz) besteht aus einer nichtleimgebenden, in ihren Reactionen sich dem elastischen Gewebe am nächsten anschliessenden Substanz, die sich von letzterem hauptsächlich durch grössere Löslichkeit in Alkalien unterscheidet. Auch in kochender Essigsäure ist sie völlig unlöslich.

Die in den wässerigen Auszug des Gehirns übergehenden Stoffe: das lösliche Albumin, Kreatin, Inosit, Hypoxanthin, Xanthin etc., sind als Bestandtheile des Gewebssaftes, und vielfach wohl auch als Producte der regressiven Stoffmetamorphose zu betrachten. Xanthin und Hypoxanthin wurden von Scherer im Gehirne nachgewiesen, Kreatin von Lerch, W. Müller und Neukomm; Inosit von W. Müller, Bödeker und Neukomm, dagegen nicht von Lorenz; Milchsäure und flüchtige Fettsäuren von W. Müller. Das Vorkommen von Harnsäure muss als zweifelhaft betrachtet werden, Leucin dagegen wurde von W. Müller im Ochsenhirn und von Neukomm im Gehirne des Menschen bei verschiedenen Krankheiten (Tuberculose, Gelenkrheumatismus, Syphilis, Delirium tremens, Morbus Brighti) aufgefunden, Harnstoff von Neukomm bei Syphilis und Morbus Brighti und von Voit bei Cholera.

Ueber die Form, in welcher die das eigentliche Gewebe der Nerven und des Gehirns zusammensetzenden Stoffe darin enthalten sind, wissen wir gar nichts. Insoferne die bisherigen Analysen über die Vertheilung der Aschenbestandtheile im Gehirne Anhaltspunkte gegeben haben, werden wir sie bei den quantitativen Verhältnissen erörtern. Die geringen Mengen des im Gehirne vorkommenden schwefelsauren Alkalis pflegt man und auch wohl mit Recht, auf Rechnung des Blutgehaltes zu setzen, und es ist sicher, dass wenigstens ein Theil des Chlornatriums auf dieselbe Quelle zurückgeführt werden muss.

Allgemeines chemisches Verhalten des Gehirns.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Die weisse Substanz des Gehirns, Rückenmarks und der Nerven reagirt während des Lebens und im Zustande der Ruhe schwach alkalisch oder neutral, durch erschöpfende Thätigkeit aber und beim Absterben tritt saure Reaction ein (Funke, J. Ranke); auch Temperaturerhöhung auf 45 bis 50° C. ruft dieselbe hervor. Gehirnsubstanz, rasch auf 100° erhitzt, bleibt jedoch alkalisch. Der von Heidenhain ausgesprochenen Ansicht, dass die Nerven beim Absterben nur dann saure Reaction annehmen, wenn sie zwischen erstarrenden Muskeln sich befinden, nicht aber, wenn sie frei präparirt sind, wird von J. Ranke und von Funke mit Entschiedenheit widersprochen; bezüglich der peripherischen Nerven jedoch von J. Ranke zugegeben, dass bei diesen die Erscheinung weniger deutlich sei. Die graue Substanz des Gehirns reagirt nach Gscheidlen stets sauer, und es nimmt diese Reaction nach dem Absterben zu; bei der weissen sah dieses Gscheidlen ebenso wenig eintreten wie beim peripherischen Nerven; diese Verhältnisse erklärt Gscheidlen daraus, dass die Ganglienzellen eine freie Säure (Milchsäure?) enthalten.

Diese Reactionsverschiedenheit ist in doppelter Beziehung bemerkenswerth; einmal, weil sie eine gewisse Analogie des Verhaltens von Muskel- und Nervengewebe constatirt und dann, weil sie auf einen dabei stattfindenden chemischen Process hinweist, der möglicherweise ein ähnlicher sein könnte als derjenige, welcher bei der Gerinnung des Myosins stattfindet, wo auch gleichzeitig damit die Säuerung des Muskels einzutreten scheint; diese Möglichkeit gewinnt dadurch an Bedeutung, dass wirklich Gründe dafür sprechen, dass die Nervenmasse einen dem Myosin wenigstens ähnlichen Körper enthalte, der während des Lebens in Lösung ist, nach dem Tode aber eine Art Gerinnung erfährt, die von der Abspaltung einer freien Säure begleitet sein könnte, woraus sich auch die grössere Consistenz der absterbenden Nerven (du Bois-Reymond): die Nervenstarre, erklären würde. J. Ranke hat versucht, den experimentellen Nachweis zu führen, dass der Vorgang der Säuerung des Nerven durch Thätigkeit in der That dem beim Muskel beobachteten vollkommen analog sei. Die neutrale Reaction des lebenden Nerven und Gehirns beweist überdies, dass die in der Gehirnasche gefundene freie Phosphorsäure im unzerstörten Gehirne nicht vorhanden sein kann, sondern nothwendigerweise gebunden sein muss.

Durch Kochen, Behandlung mit Alkohol, mit Säuren und mit gewissen Metallsalzen erfährt die Gehirnmasse eine mehr oder minder bedeutende Härtung. Besonders auffallend ist das Hartwerden beim Kochen von grauer Substanz. Sowohl diese Erscheinung, wie auch die Vermehrung der Consistenz des Gehirns einige Zeit nach dem Tode spricht für Gerinnung eines Gehirn- und Nervenbestandtheils.

W. Müller's Verfahren zur Isolirung des Cerebrins, Cholesterins und der Gehirnfette.

Behandelt man Gehirn mit kochendem Alkohol und Aether, so setzen sich beim Erkalten der Auszüge weisse flockige Niederschläge ab, die, auf einem Filter gesammelt, während des Trocknens sich röthlich färben und vollständig getrocknet, eine rothgelbe, festweiche, krystallinische Masse darstellen. Erschöpft man diese Masse mit kaltem Aether, so erhält man eine klare, gelbrothe Lösung und einen gelblich-weissen, voluminösen Rückstand. Die Lösung enthält sämmtliches Cholesterin und einen phosphorhaltigen Körper von den Eigenschaften einer Säure, der Rückstand besteht fast gänzlich aus Cerebrin (W. Müller).

Werden frische, von den Häuten befreite Gehirne mit Wasser gewaschen, zerkleinert, mit kaltem Alkohol lange Zeit digerirt, hierauf mit Aether extrahirt, der unlösliche Rückstand mehrmals mit Alkohol ausgekocht, dann der Pepsinverdauung unterworfen, und das auch dieser Widerstehende mit verdünnter Natronlauge behandelt und filtrirt, so erhält man durch vorsichtigen Zusatz von Salzsäure einen flockigen Niederschlag von Nucleïn (Jaksch).

Von der grauen Substanz des Gehirns und des Rückenmarks werden durch die Trypsinverdauung alle Achsencylinder und Nervenzellen aufgelöst. Der zurückbleibende feine Filz von Fasern erweist sich renitent gegen alle indifferenten Lösungsmittel, so wie gegen kalte Schwefelsäure und Kalilauge: Neurokeratin (Kühne).

Zerreibt man Gehirn mit destillirtem Wasser zu einer dünnen Milch und setzt der erhaltenen Emulsion Bleizuckerlösung zu, so erhält man nach einigem Stehen eine blutroth gefärbte, klare obere und eine den Gehirnbrei enthaltende untere Schicht. Die durch ein Sieb geseihte Flüssigkeit zum Sieden erhitzt, scheidet ein Coagulum ab, welches dicht, grauröthlich und grobflockig ist und das Albumin des Gehirns nebst anderen Stoffen enthält, während eine klare Flüssigkeit abfiltrirt werden kann, die mit Bleiessig einen voluminösen Niederschlag giebt, der Harnsäure, Hypoxanthin und Inosit enthalten kann. Vertheilt man den Bleiessigniederschlag in Wasser, zerlegt durch Schwefelwasserstoff und concentrirt das Filtrat vom Schwefelblei, so scheiden sich allmählich die bekannten Krystalle der Harnsäure aus, wenn selbe überhaupt zugegen ist, daneben aber dunkelbraune runde Kugeln. Trennt man diese ausgeschiedenen Stoffe durch Filtration und dampft das Filtrat so lange ein, bis es sich auf Zusatz von Alkohol bleibend trübt, versetzt hierauf die Flüssigkeit mit dem gleichen Volumen Alkohol und erwärmt, so verschwindet die Trübung wieder, und es scheidet sich dann nach einigem Stehen Inosit aus (W. Müller).

Wird Gehirnmasse mit Natriumsulfat zerrieben, mit Wasser zum Brei angerührt und filtrirt, so erhält man ein klares Filtrat, welches einen caseïnähnlichen Albuminstoff enthält. Der Rückstand enthält Protagon und Cholesterin (Hoppe-Seyler).

Anilinroth, Anilinblau und Jodviolett tingiren die markhaltige Nerven-

substanz sehr intensiv, während die degenerirten Nerven dadurch schwächer, die verschiedenen Arten des Bindegewebes aber dadurch gar nicht gefärbt werden (Treitel).

Quantitative Zusammensetzung des Gehirns.

Es versteht sich von selbst, dass von einer genauen quantitativen Analyse eines Körpers nicht die Rede sein kann, dessen Bestandtheile, wie dies beim Gehirne der Fall ist, nur sehr unvollkommen gekannt und zum Theil so sehr leicht zersetzbar sind. Allein selbst, wenn eine quantitative Trennung der einzelnen Hirnbestandtheile genauer geschehen könnte, hätten quantitative Analysen des Gesammtgehirns einen nur sehr beschränkten Werth, da man aus weiter unten zu erwähnenden Untersuchungen weiss, dass die verschiedenen Gehirnparthieen, so weit sie anatomisch zerlegt werden können, eine sehr abweichende quantitative Zusammensetzung besitzen.

Quantitative Zusammensetzung.

Quantitative Analysen des Gesammtgehirns, welche sich übrigens der Natur der Sache nach auf die Bestimmung des Wassers, der durch Alkohol und Aether extrahirbaren Stoffe, der Eiweisskörper und der Salze beschränken mussten, wurden in früheren Zeiten von verschiedenen Chemikern aufgestellt. Sie haben aber aus den oben angeführten Gründen, und da die dabei befolgten Methoden sehr unvollkommen sind, einen so problematischen Werth, dass wir von ihrer Anführung absehen.

Quantitative Analysen des Gesammtgehirns.

Wir beschränken uns darauf, eine in neuester Zeit von Petrowsky ausgeführte Analyse des Gehirns des Ochsen wiederzugeben, welche nach den jetzigen Anforderungen entsprechenderen Methoden ausgeführt ist und die graue und weisse Substanz des Gehirns sehr verschieden zusammengesetzt zeigt.

Petrowsky fand in 100 Thln. der

	Grauen Substanz	Weissen Substanz
Wasser	81·60	68·35
Feste Stoffe	18·40	31·65

In 100 Grm. des trockenen Rückstandes

	Graue Substanz	Weisse Substanz
Albumin u. Glutin	55·3733	24·7252
Lecithin	17·2402	9·9045
Cholesterin u. Fette	18·6845	51·9088
Cerebrin	0·5331	9·5472
In Aether unlösl. Extracte	6·7135	3·3421
Salze	1·4552	0·5719

Aus dieser Analyse ergiebt sich in der Zusammensetzung beider Gehirnsubstanzen eine sehr beträchtliche Verschiedenheit. Die graue Substanz ist wasserreicher, wie die weisse, und es besteht der trockene

Rückstand der ersteren mehr als zur Hälfte aus Eiweisskörpern, während Cholesterin und Fette nur 1/4 der Masse ausmachen. Die Hauptmasse derselben besteht daher aus Wasser und Eiweisskörpern; doch fand Petrowsky ihren Lecithingehalt höher, wie jenen der weissen Substanz. Letztere degegen enthält Cholesterin und Fette zu mehr als die Hälfte ihres trockenen Rückstandes, auch bedeutend mehr Cerebrin, welches in der grauen Substanz nur in sehr geringer Menge vorhanden ist, und es betragen die Albuminstoffe derselben nur 1/4 des trockenen Rückstandes. Ueber das Verhältniss des Wassers, der in Aether löslichen Stoffe und des trockenen Rückstandes in der grauen und weissen Substanz haben übrigens schon viel früher Lassaigne, v. Bibra, Walther und Hauff Versuche angestellt, deren Resultate mit denjenigen von Petrowsky übereinstimmen, so dass demnach durch Petrowsky's Analysen zum grossen Theile schon Bekanntes nur bestätigt wurde. Auch hat v. Bibra schon gefunden, dass im Aetherextract der grauen Substanz mehr Phosphor enthalten ist, wie in jenem der weissen, was abermals in dem von Petrowsky gefundenen höheren Lecithingehalt der grauen Substanz seine richtige Deutung findet.

Zusammensetzung verschiedener Gehirnparthieen.

Der Wassergehalt des Gesammtgehirns beträgt nach den Analysen von Lassaigne, L'Héritier und v. Bibra zwischen 70·9 und 82·7 Proc., und aus v. Bibra's Analysen, angestellt mit zahlreichen Gehirnen ergiebt sich vor Allem, dass der Gesammtfettgehalt, oder richtiger der in Aether löslichen Bestandtheile des Gehirns, jedenfalls bis zu einem gewissen Grade, individuell ist, und dass auch Krankheiten, welche mit allgemeiner Abmagerung verbunden sind, den Gehalt des Gehirns an diesen Stoffen nicht alteriren.

Unter den verschiedenen anatomisch-isolirbaren Gehirnparthieen enthält die Medulla oblongata die grösste Menge in Aether löslicher Gehirnstoffe, wie dies aus den Analysen von v. Bibra, Hauff und Walther hervorgeht. Am wenigsten in Aether lösliche Stoffe dagegen scheinen die Thalami nerv. optic. und die corp. striata zu enthalten, doch scheint diese Regel nach individuellen Verhältnissen mehr oder minder zahlreiche Ausnahmen zu erleiden.

Das Alter scheint nicht ohne Einfluss auf den Gehalt des Gehirns an in Aether löslichen Stoffen zu sein und derselbe sich mit zunehmendem Alter zu vermindern.

Bezüglich des Wassergehaltes lassen sich aus den Analysen v. Bibra's keine Gesetzmässigkeiten ableiten und scheint derselbe innerhalb gewisser Grenzen sehr zu wechseln. Man kann im Allgemeinen annehmen, dass jene Gehirntheile, welche am meisten in Aether lösliche Stoffe enthalten, den geringsten Wassergehalt ergeben und umgekehrt. Das Alter übt auf den Wassergehalt keinen oder keinen bedeutenden Einfluss aus, dagegen scheinen die Albuminstoffe etc. mit dem Alter etwas zuzunehmen.

Sehr bemerkenswerthe Abweichungen der Zusammensetzung des Gehirns bei Embryonen und Neugeborenen haben die Untersuchungen von v. Bibra und Schlossberger ergeben.

Wasser- und Fettgehalt des Gehirns bei Embryonen und Neugeborenen.

Der Gehalt des Gehirns von Embryonen und Neugeborenen an in Aether löslichen Stoffen ist ein viel geringerer, als der von Erwachsenen, dagegen der Wassergehalt ein grösserer; beim Neugeborenen aber ist der Gehalt an in Aether löslichen Stoffen schon merklich grösser als beim Embryo und steigt mit dem vorrückenden Alter ziemlich rasch. Dagegen ergiebt sich aus Schlossberger's Versuchen das merkwürdige Resultat, dass der Unterschied in der quantitativen Vertheilung der in Aether löslichen Stoffe auf graue und weisse Substanz beim Embryo nicht vorhanden ist. Bei Embryonen und Neugeborenen ist die Medulla oblongata die an in Aether löslichen Bestandtheilen reichste Gehirnparthie und bei Embryonen ein Unterschied im Wassergehalte der grauen und weissen Substanz nicht vorhanden.

Das Nucleïn aus dem Gesammtgehirne eines 16jährigen Knaben betrug 3 g (Jaksch).

Resultate der Versuche an Thieren verschiedener Classen.

Aus den umfassenden Untersuchungen v. Bibra's, Schlossberger's und Walther's u. Hauff's über den Wasser- und Aetherextractgehalt des Gehirns verschiedener Thierclassen ergiebt sich im Allgemeinen eine Zunahme des Wassergehaltes, je tiefer man in der Reihe der Wirbelthiere herabsteigt. Das Gehirn der niederen Säugethiere nähert sich im Wassergehalte dem unausgebildeten (fötalen) der höheren Säugethiere und des Menschen.

Bezüglich des Gehaltes an in Aether löslichen Stoffen bestätigen auch die Versuche an Thieren, dass die verschiedenen anatomischen Theile eines und desselben Gehirns sehr verschiedene Mengen davon enthalten. Wie beim Menschen, so ist auch bei Thieren die graue Substanz weit ärmer an in Aether löslichen Stoffen als die weisse; der Gehalt an in Aether löslichen Stoffen der verschiedenen Gehirnparthieen steht auch bei Thieren in umgekehrtem Verhältnisse zu dem Gehalte an Wasser, und die Medulla oblongata ist auch hier beinahe überall am reichsten an Aetherextract. Das Gehirn der Säugethiere enthält ferner mehr davon, als das Gehirn der übrigen Thierclassen.

Aus den Versuchen von v. Bibra geht ferner hervor, dass bei verhungerten Thieren das Gewicht des Gehirns und das Verhältniss seiner chemischen Bestandtheile keine wesentliche Veränderung erleidet, dass demnach bei Vorgängen, welche den ganzen übrigen Organismus in Mitleidenschaft ziehen, der Stoffwechsel im Gehirne ungestört seinen Fortgang nimmt.

Quantitative Zusammensetzung der Gehirnasche.

Quantitative Verhältnisse der anorganischen Gehirnbestandtheile. Wir besitzen nur eine vollständige Aschenanalyse des Gesammtgehirns, die von Breed angestellt wurde. Es

fragt sich aber, ob dieselbe von der Vertheilung der Aschenbestandtheile im Gehirne ein richtiges Bild giebt, da einerseits eine richtige Einäscherung des Gehirns, wegen der grossen Menge von Phosphorsäure und phosphorsauren Verbindungen, welche die Verbrennung der Kohle hindern und durch letztere auch zum Theil reducirt werden können, sehr schwierig ist und weil er nicht angiebt, ob er ein einziges Gehirn oder mehrere zur Einäscherung verwendete. Jedenfalls ergiebt Breed's Analyse, dass die Asche des Gehirns mit jener des Muskelgewebes und des Eigelbs den grossen Reichthum an Phosphorsäure und das Ueberwiegen des Kaliums über das Natrium theilt, demnach mit der Asche der Milch grössere Uebereinstimmung zeigt, als mit jener des Blutes; wir stellen zur Vergleichung neben Breed's Analyse der Asche des Gehirns Aschenanalysen des Blutes, Fleisches, des Eigelbs und der Milch:

In 100 Theilen Asche	Gehirn. Breed	Kalbfleisch. Staffel	Eigelb. Poleck	Frauenmilch. Wildenstein	Menschenblut. Verdeil
Kali	32·42	34·40	8·93	21·44	11·24
Natron	10·69	2·35	5·12	—	6·27
Magnesia	1·23	1·45	2·07	0·87	1·26
Kalk	0·72	1·99	12·21	18·78	1·85
Chlornatrium	4·74	10·59	—	10·73	55·63
Chlorkalium	—	—	—	26·33	—
Phosphors. Eisenoxyd . .	1·23	—	—	0·21	—
Phosphorsäure (gebunden)	39·02	48·13	63·18	19·00	11·10
Freie Phosphorsäure . .	9·15	—	5·70	—	—
Schwefelsäure	0·75	—	—	2·64	1·64
Kieselsäure	0·42	0·81	0·55	Spur	—

Gesammtaschengehalt des Gehirns und verschiedener Theile desselben.

Auch Bestimmungen über den Gesammtaschengehalt des Gehirns liegen vor, allein die umfassendsten, in dieser Richtung angestellten Beobachtungen v. Bibra's, beziehen sich auf die entfetteten Gehirne und geben daher nicht das Gesammtgewicht der Gehirnasche, sondern nur die Aschenbestandtheile, die nicht in den ätherischen Auszug des Gehirns übergehen; letztere hat der genannte Forscher für sich bestimmt und diesen Bestimmungen auch einige des Phosphorgehaltes des Aetherextractes verschiedener Gehirne und Gehirntheile hinzugefügt.

Allgemeine Schlüsse lassen sich aus diesen Resultaten, mit Ausnahme der Medulla oblongata nicht ziehen; letztere aber scheint mehr

unlösliche Salze (phosphorsaure Erden) zu enthalten, als die übrigen Parthieen des Gehirns. Aehnliche Versuche, mit den Gehirnen verschiedener Thierclassen angestellt, ergaben, dass der Aschengehalt des Vogelgehirns grösser ist, als jener des Gehirns der Menschen und der Säugethiere, jener der Gehirne der Amphibien und Fische grösser als der aller anderen Thierclassen; bei den Amphibien und Fischen ist ausserdem der Gehalt an phosphorsauren Erden bedeutender, als bei den übrigen Thierclassen.

Einige vergleichende Untersuchungen über den Aschengehalt der grauen und weissen Substanz, wurden von Schlossberger angestellt. Derselbe bestätigt bei dieser Gelegenheit die von Lassaigne in einem Falle beobachtete Thatsache, dass die Asche der grauen Substanz alkalisch, die der weissen jedoch entschieden sauer reagirt.

Aschengehalt der grauen und weissen Substanz.

Schlossberger fand für 100 Theile des frischen Gehirns:

In der grauen Substanz:

1) eines 74jährigen Mannes	1·00	Procent Asche
2) eines Kalbes	1·16	„ „

In der Balkensubstanz:

1) eines 74jährigen Mannes	1·82	„ „
2) eines Kalbes	1·72	„ „

Die weisse Substanz würde demnach etwas mehr anorganische Salze enthalten, als die graue, während Petrowsky, wie aus den von ihm angestellten oben mitgetheilten Analysen hervorgeht, beim Rinde ein umgekehrtes Verhältniss constatirte.

Die Bestimmung des Phosphorgehaltes des Aetherextractes, aus der durch Verpuffung des Aetherextractes mit Natriumcarbonat und Salpeter erhaltenen Phosphorsäure berechnet, ergab v. Bibra in 100 Thln. Aetherextract verschiedener Gehirnparthieen (Medulla obl., Cerebell. und Pons Varoli, Crura Cerebr., Hemisphären, Corpora striata, Thal. opt., Corpus callos.) im Mittel 1·68 Phosphor (Min. 1·54, Max. 1·83).

Bestimmung des Phosphorgehaltes des Aetherextracts.

Für die graue Substanz fand er 1·88, 2·33 und 2·10 Proc.; für die weisse 1·54, 1·82 und 1·62 Proc., demnach durchschnittlich etwas weniger wie in der grauen Substanz, womit der von Petrowsky gefundene Mehrgehalt der grauen Substanz an Phosphor in Uebereinstimmung steht. Alter, Geschlecht und geistige Fähigkeiten üben auf den Phosphorgehalt keinen Einfluss aus.

Aus allen quantitativen Bestimmungen der Gehirnbestandtheile haben sich für pathologische Verhältnisse, auch für Geisteskranke, gar keine Aufschlüsse ergeben und das einzig wichtige Resultat derselben ist, dass die Vertheilung der einzelnen Gehirnstoffe, namentlich aber die des Wassers und der in Aether löslichen Stoffe, in den verschiedenen anatomischen Gehirnparthieen und in der grauen und weissen Substanz eine verschiedene und bis zu einem gewissen Grade zugleich typische ist.

Es stehen ferner die in Aether löslichen Stoffe in einer bestimmten Beziehung zur Entwickelung des Gehirns, was daraus ganz besonders hervorgeht, dass sie im Gehirne des Embryo und Neugeborenen sehr zurücktreten, und hier auch in der grauen und weissen Substanz die Differenz im Wasser- und Aetherextractgehalte noch nicht vorhanden ist.

Nerven-respiration.

Nervenrespiration. Als solche bezeichnet J. Ranke den von ihm beobachteten Gaswechsel resp. die Kohlensäureabgabe und Sauerstoffaufnahme beim Taubengehirne. Soferne er die Kohlensäureabgabe im Laufe der ersten Tage nach dem Tode abnehmen sah, betrachtet er sie, sowie auch die Sauerstoffabsorption als einen physiologischen Vorgang, ähnlich wie beim Muskel. Die Versuche, aus denen derselbe Physiologe schliesst, dass die Ermüdungserscheinungen der Nerven auf ähnlichen Bedingungen beruhen wie beim Muskel, und die Erholung hier wie dort theils auf dem Auswaschen ermüdender Stoffe, theils auf der Neutralisation von Säuren berube, gehören ihrer Natur nach dem Gebiete der reinen Physiologie an, und können hier nicht näher besprochen werden.

Rückenmark und Nerven.

Rückenmark und Nerven.

So weit die bisher angestellten chemischen Untersuchungen des Rückenmarks und der Nerven in ihre Zusammensetzung einen Einblick gestatten, sind ihre Bestandtheile qualitativ von denen des Gehirns nicht verschieden; doch ist dabei zu bemerken, dass wegen der Schwierigkeit, sich genügendes Material zu eingehenden Untersuchungen zu verschaffen, die vorhandenen Beobachtungen die Möglichkeit qualitativer Differenzen keineswegs ausschliessen.

v. Bibra hat unter denselben Gesichtspunkten, unter welchen er die quantitativen Verhältnisse der Gehirnbestandtheile erforschte, auch mit dem Rückenmarke und den Nerven von Menschen und Thieren Versuche angestellt, die bedeutende Differenzen zwischen Gehirn und Rückenmark und Nerven einerseits und zwischen Rückenmark und Nerven anderseits, in der Vertheilung und den Mengenverhältnissen des Wassers und des Aetherextracts ergeben und ausserdem zeigen, dass solche Differenzen auch zwischen den relativen Gewichtsmengen des Cholesterins, Cerebrins, der wahren und der phosphorhaltigen Fette, in den verschiedenen Parthieen des Nervensystems bestehen.

Zunächst stellte sich bei den Versuchen v. Bibra's unzweifelhaft heraus, dass das Rückenmark weit reicher an in Aether löslichen Stoffen ist, als das Gesammtgehirn, was sich aus folgender, Versuche an Menschen und verschiedenen Thieren umfassender Tabelle ergiebt:

Vergleichende Untersuchungen über das Aetherextract des Gehirns und Rückenmarks.

Menge des Aetherextractes in Procenten					
Säugethiere			Vögel		
Rückenmark		Gehirn	Rückenmark		Gehirn
Mensch:	25	14	Ente:	21	6
Katze:	22	13	Reiher:	17	7
Hund:	24	15	Feldhuhn:	22	10
Pferd:	25	16	Taube:	15	6
Fuchs:	22	13	Sperber:	15	7
Schaf:	21	14	Krähe:	20	7
Reh:	19	11	Dohle:	14	6
Hase:	22	11	Grünspecht:	12	6
Kaninchen:	21	9	Buntspecht:	17	6
Ratte:	18	9			

Wenn man das Rückenmark, von dem verlängerten Marke bis zur Cauda equina, in drei Theile theilt und jede Parthie für sich analysirt, so findet man eine sehr bemerkenswerthe Uebereinstimmung aller drei Theile untereinander, die zu den grossen Zusammensetzungsdifferenzen verschiedener Gehirntheile unter sich, sowie auch zu den, sogleich zu erörternden verschiedener Nerven desselben Thieres, einen auffallenden Gegensatz bildet. Wir heben einige Analysen als Beispiele heraus:

(I. Nackentheil, II. Rückentheil, III. unterer Theil des Rückenmarks.)

In 100 Theilen	Mensch			Hund			Katze			Hase		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
Wasser	66·6	66·1	65·7	67·3	68·4	68·1	69·6	70·1	69·7	70·0	67·0	68·7
Aetherextract . . .	24·0	25·3	25·9	24·8	25·3	24·3	22·3	22·7	23·0	23·0	23·2	21·3

Auch Bernhardt fand den Wassergehalt des Rückenmarks geringer, wie jenen der Gehirnrinde. Er fand im Cervicalmark 73·05 Proc., im Lendenmark 76·04 Proc., in der Medulla oblong. 73·9 Proc., in der Hirnrinde 85·86 Proc., in der weissen Substanz 70·08 Proc., endlich im Sympathicus (Grenzstrang) 64·30 Proc. Wasser.

Rückenmark des Embryo und Neugeborenen.

Das Rückenmark des Embryo und Neugeborenen verhält sich in Bezug auf den Gehalt an durch Aether extrahirbaren Materien, dem

Gehirne vollkommen analog, so wie letzteres ist es durch einen sehr geringen Gehalt an Aetherextract ausgezeichnet.

v. Bibra hat auch Versuche über das relative Gewichtsverhältniss der einzelnen, isolirbaren Bestandtheile des Aetherextractes des Rückenmarks (des Cerebrins, Lecithins, Cholesterins und der eigentlichen Fette) angestellt. Obgleich die in Anwendung gezogene Methode der Trennung eine sehr unvollkommene war, so geht doch aus diesen Versuchen unzweifelhaft hervor, dass das relative Gewichtsverhältniss des Cerebrins, Lecithins, Cholesterins und der eigentlichen Fette zwar ein sehr wechselndes ist, aber das Rückenmark-Aetherextract durchschnittlich mehr Cholesterin enthält, als jenes des Gehirns. Dies hat sich bei Versuchen an Menschen und Thieren gleichmässig herausgestellt, wie nachstehende Tabelle erläutert:

In 100 Theilen Aetherextract	Mensch		Ochs	Schwein	Hund	Wilde Ente	Reiher	Gehirn
	Frau von 40 J.	Mann von 36 J.						
Cerebrin	30·6	23·7	22·5	18·18	24·00	23·54	18·44	20—21
Cholesterin	32·8	54·2	63·3	65·70	60·26	55·99	61·35	30—33
Fette	37·6	22·1	14·2	16·12	15·74	20·27	20·21	50—46

Phosphorgehalt des Rückenmarks.

Bei Phosphorbestimmungen des Aetherextracts des Rückenmarks fand v. Bibra durchschnittlich etwas weniger Phosphor als im Gehirne. Im Gehirnfett des Menschen fand er:

In 100 Theilen Aetherextract . . 1·68 bis 2·53 bis 1·72 Proc.
Im Rückenmarksfette . . . . . 1·32 bis 1·21 „

Aehnliche Resultate erhielt v. Bibra beim Rückenmarksfett verschiedener Thiere.

Anorganische Bestandtheile des Rückenmarks.

Die anorganischen Bestandtheile des, vorher mit Aether erschöpften Rückenmarks, hat v. Bibra in derselben Weise bestimmt, wie beim Gehirne. Irgend welche Gesetzmässigkeiten ergeben sich aus diesen Bestimmungen nicht.

Quantitative Analysen der Nerven.

Die von v. Bibra angestellten quantitativen Analysen der Nerven eines und desselben Individuums und hinwiederum der gleichnamigen Nerven verschiedener Organismen, ergaben ausserordentliche Schwankungen im Gehalt an Aetherextract und an Wasser, die irgend eine Gesetzmässigkeit durchaus nicht erkennen lassen.

Nach den Untersuchungen von v. Bibra über die Natur des Aetherextracts der Nerven, scheinen bei diesen die fettähnlichen Gehirn-

stoffe: das Cerebrin und das Cholesterin, gegen die eigentlichen Fette (Palmitin und Oleïn) zurückzutreten.

So gab das vereinigte Aetherextract des N. cruralis und ischiadicus eines 93jährigen Mannes in 100 Theilen:

Cerebrin	3·40
Phosphorhaltige Fette	0·75
Cholesterin	0·88
Palmitin und Oleïn	94·97
	100·00

Aehnliche Verhältnisse ergaben sich in den meisten anderen Fällen beim Menschen; nur im Aetherextracte des Nervus opticus wurden 28·57 Proc. Cerebrin und ausserdem viel Cholesterin gefunden.

Auch die Analyse des Aetherextracts der Nervi crurales, ischiadici und der Cauda equina des Pferdes, bestätigte den geringeren Cholesteringehalt der Nerven, gegenüber Gehirn und Rückenmark.

Elektrische Organe von Torpedo.

Anhang. Bei der chemischen Untersuchung der elektrischen Organe von Torpedo, fand Max Schultze: Schleim, Harnstoff in verhältnissmässig grosser Menge, Kreatinin, Taurin (?), Milchsäure (?), Calciumphosphat in grosser Menge, Chlornatrium und Spuren von Sulfaten im wässerigen Auszuge.

Von gewebsbildenden Bestandtheilen: collagenes Bindegewebe, elastische Fasern, gallertiges Bindegewebe mit Nervenfasern und Blutgefässen, Syntonin, und ein in verdünnter Salzsäure, Salpeterwasser und Kaliumcarbonat unlösliches Albuminat, als Bestandtheil der elektrischen Platten.

VII. Chemie der drüsigen Organe.

Nachdem Liebig durch seine classische Arbeit über die Flüssigkeit des Fleisches gezeigt hatte, dass auch complexere Gewebe einer erfolgreichen chemischen Untersuchung zugänglich sind, hat man von verschiedenen Seiten die parenchymatösen Flüssigkeiten der wichtigsten drüsigen Organe der chemischen Untersuchung unterworfen, indem man dabei Wege einschlug, welche mit den von Liebig bei der Bearbeitung der Fleischflüssigkeiten gebahnten, mehr oder weniger vollständig übereinstimmten.

Die Hoffnung, auf diesem Wege zu für die Physiologie bemerkenswerthen Resultaten zu gelangen, wurde nicht getäuscht, indem es gelang,

in diesen Organen mancherlei Stoffe aufzufinden, die bis dahin im Organismus entweder gar nicht, oder nicht an diesem Orte nachgewiesen waren, und die über die regressive Stoffmetamorphose im Allgemeinen und insbesondere aber auch über den Stoffwechsel und die Bedeutung der fraglichen Organe vielfache Aufklärungen gaben. Man hat sich bei diesen Untersuchungen meist auf die durch Wasser und nachheriges Auspressen auslaugbaren Bestandtheile der Drüsen beschränkt und in der That auf diesem Wege wichtigere Resultate erlangt, als durch hier und da ausgeführte quantitative Scheidungen der allgemeinen Bestandtheile der Drüsen, die man dabei als Ganzes auffasste und durch welche man nichts weiter erfuhr, wie den Wassergehalt der Drüsen, ihren Gehalt an Salzen, an löslichen Albuminstoffen und an unlöslichem Rückstande, — Thatsachen, die wohl bei der Beantwortung präcis gestellter Fragen unter ganz besonderen Bedingungen von Werth sein können, allgemein betrachtet aber ohne physiologische Bedeutung sind.

Wir theilen, da wir sonst zu beständigen Wiederholungen genöthigt wären, die bei der Untersuchung von Drüsensäften in Anwendung gezogenen Methoden in ihren Grundzügen ein- für allemal hier mit.

Untersuchungsmethoden von Liebig und Scherer.

Der von Liebig, bei der Untersuchung der Flüssigkeit des Fleisches eingeschlagene, und seither bei der Untersuchung mehrerer Drüsen befolgte Weg ist folgender:

Man versetzt die kalten wässerigen Auszüge, durch erschöpfende Behandlung der passend zerkleinerten Gewebe mit kaltem Wasser und tüchtiges Auspressen des Rückstandes erhalten, nachdem daraus durch Aufkochen das Albumin abgeschieden ist, mit Barytwasser so lange noch ein Niederschlag entsteht. Derselbe enthält in allen Fällen phosphorsaures und etwas schwefelsaures Baryum, phosphorsaures Magnesium und möglicherweise auch Harnsäure und Hypoxanthin (auch wohl Xanthin?).

Das Filtrat von dem Barytniederschlage vertheilt man in grosse flache Porzellanschalen und concentrirt es im Wasserbade, bei einer unter der Kochhitze des Wassers liegenden Temperatur; dabei bilden sich häufig schleimige sich immer wieder erneuernde Häute; diese Ausscheidungen enthalten Baryumcarbonat, eine caseïnähnliche Materie, möglicherweise aber auch Harnsäure und Hypoxanthin. Ist die Flüssigkeit bis zur dünnen Syrupconsistenz abgedampft, so stellt man sie an einen mässig warmen Ort und überlässt sie sich selbst, wobei vorhandenes Kreatin allmählich auskrystallisirt. Die Mutterlauge mit Alkohol behandelt giebt an diesen etwa vorhandenes Leucin und Tyrosin ab, welche sich beim Verdunsten der alkoholischen Flüssigkeiten ausscheiden, ebenso auch Kreatinin. Destillirt man die Mutterlauge mit Schwefelsäure, so erhält man im Destillate vorhandene flüchtige Fettsäuren; aus dem Destillationsrückstande können, durch öfteres Schütteln mit Aether, die letzten Antheile der flüchtigen Säuren, sowie sämmtliche vorhandene Milch- und Bernsteinsäure gewonnen werden; letztere krystallisirt beim freiwilligen Verdunsten der ätherischen Lösung. Der durch Schütteln mit Aether von den freien Säuren befreite Destillationsrückstand wird allmählich mit so viel starkem Alkohol versetzt, bis sich die Flüssigkeit bleibend trübt, auch wohl die Flüssigkeit mit Alkohol gekocht, bis die Trübung wieder ver-

schwindet; es scheidet sich Kaliumsulfat und etwa vorhandener Inosit allmählich in Krystallen aus.

Um aus den Barytniederschlägen, sowie auch aus den, während des Abdampfens sich bildenden häutigen Ausscheidungen, Harnsäure und Hypoxanthin zu gewinnen, vereinigt man dieselben und behandelt sie mit kochender Kalilauge, welche Harnsäure und Hypoxanthin aufnimmt. Man filtrirt und versetzt mit Salzsäure bis zur sauren Reaction; entsteht dadurch ein Niederschlag, so kann derselbe aus Harnsäure und Hypoxanthin bestehen. Aus der alkalischen Lösung fällt, auf Zusatz von Chlorammonium die Harnsäure als harnsaures Ammonium heraus, während Hypoxanthin gelöst bleibt und durch Abdampfen der ammoniakalischen Lösung erhalten wird. Zweckmässiger ist es, zur Ermittelung und Gewinnung des Hypoxanthins die Methode von Strecker in Anwendung zu ziehen. Man benutzt dann dazu die Mutterlauge vom Kreatin, oder überhaupt, wenn letzteres nicht vorhanden war, das concentrirte Filtrat vom Albumincoagulum der wässerigen Auszüge. Man verdünnt diese Mutterlaugen oder Filtrate mit Wasser, versetzt sie mit einer Lösung von essigsaurem Kupfer und erhitzt zum Kochen. Den gebildeten Niederschlag vertheilt man nach dem sorgfältigen Auswaschen in Wasser, zerlegt mit Schwefelwasserstoff, filtrirt vom Schwefelkupfer ab und findet nun das Hypoxanthin im Filtrate, woraus es sich beim allmählichen Verdunsten ausscheidet.

Untersuchungsmethode von Städeler.

Eine andere Methode wurde bei derartigen Untersuchungen von Städeler und seinen Schülern eingeschlagen. Die noch frischen, fein zerhackten, oder auch wohl durch Verreiben mit grobem Glaspulver zerquetschten Organe werden mit Wasser angerührt und ausgepresst. Aus den filtrirten Flüssigkeiten wird das Albumin durch Kochen, nöthigenfalls unter Zusatz von etwas Essigsäure coagulirt und das Filtrat durch Bleiessig gefällt. Aus dem Filtrate vom Bleiniederschlage entfernt man das überschüssige Blei durch Schwefelwasserstoff, verdampft die vom Schwefelblei abfiltrirte Flüssigkeit zur Syrupsconsistenz, behandelt mit siedendem starken Weingeist und verdunstet den Auszug zur Krystallisation, wobei sich Leucin und Tyrosin, welches letztere bei Gegenwart von Extractivstoffen keineswegs unlöslich ist und möglicherweise auch Taurin ausscheiden. Sind grössere Mengen von Tyrosin vorhanden, so findet es sich in dem in Weingeist unlöslichen Rückstande, der zuweilen auch Glutin enthält. Der Bleiessigniederschlag kann Harnsäure, Hypoxanthin, Xanthin, Inosit, Cystin, möglicherweise auch Tyrosin und Taurin enthalten. Man zerlegt ihn nach dem Auswaschen, in Wasser vertheilt, durch Schwefelwasserstoff und concentrirt das Filtrat, wobei sich die Harnsäure, wenn sie vorhanden ist, in Krystallen abscheidet; aus dem Filtrat erhält man auf die oben beschriebene Weise Inosit, daneben scheiden sich, wenn sie vorhanden sind, gewöhnlich auch Cystin, Xanthin und Hypoxanthin aus.

Zur Gewinnung des Xanthins und xanthinähnlicher Stoffe aus der Leber und anderen Drüsen, verwandelt man nach Almén (Städeler) die Organe mittelst Glaspulver in Brei, extrahirt warm mit Weingeist, verdunstet und fällt mit Bleizucker. Das Filtrat vom Bleizuckerniederschlag, wird mit Bleiessig gefällt und die vom Bleiessigniederschlage abfiltrirte Flüssigkeit, mit so viel essigsaurem Quecksilberoxyd versetzt, dass die Reaction noch schwach alkalisch bleibt. Der Bleiessig- und Quecksilberoxydniederschlag enthalten sämmtliches Xanthin und Hypoxanthin (Sarkin), von denen ersteres sich aus der Lösung, nach Entfernung der Metalloxyde durch Schwefelwasserstoff und Eindampfen, in Krusten abscheidet.

Leber.

Literatur: v. Bibra: Chemische Fragmente über die Leber 1849. — Frerichs: Beitr. z. phys. u. path. Chemie der Galle 1845. — Cl. Bernard: Neue Function der Leber, deutsch von Schwarzenbach 1853. — Derselbe: Léçons sur les propriétés des fluides etc. 1859. — Derselbe: Compt. rend. LXXXIV. p. 1201. — Hensen: Arch. f. path. Anat. XI, 396. — Stokvis: Wiener med. Wochenschr. 1857. S. 235. — Moos: Verhandl. des med. naturh. Vereins zu Heidelberg 11. Jan. 1858. — Frerichs: Klinik der Leberkrankheiten I, 285. — Valentiner: Günzburg's Zeitschr. Dec. 1858; Wiener akad. Berichte März 1859. — Virchow: Verhandl. der phys. med. Gesellsch. zu Würzb. I, 303. — Schottin: Arch. f. physiol. Heilk. 1858. 3. Heft. — Oidtmann: Die anorgan. Bestandtheile der Leber. Gekrönte Preisschr. 1858. — Neukomm: Ueber das Vorkommen von Leucin etc. Dissert. Zürich 1859. — Folwarczny: Zeitschr. d. Wiener Aerzte 1859. — J. Scherer: Arch. f. path. Anat. X. 228. — Derselbe: Ann. d. Chem. u. Pharm. CVII, 314. — Frerichs u. Städeler: Mittheil. der naturf. Gesellsch. in Zürich. 4. Juli 1855. — Virchow: Arch. f. path. Anat. VIII, 355. — v. Gorup-Besanez: Ann. d. Chem. u. Pharm. XCVIII, 1. — Cloëtta: Ann. d. Chem. u. Pharm. XCIX, 289. — Städeler: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXVI, 102. — Almén: Vierteljahrschr. d. naturf. Gesellsch. in Zürich VI, 3. — Ritter: Zeitschr. f. rat. Med. (3) XXIV, 65. — Mac-Donnel: Compt. rend. LX, 963; Journ. d. l'Anat. et de la Physiol. 1865. p. 554. — Derselbe: Observations on the function of the liver. Dublin 1865. — Tscherinoff: Wiener akad. Berichte LI, 1865. S. 412. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. Nr. 5. — W. Kühne: Arch. f. path. Anat. XXXII, 536. — Naumann: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1871. S. 41. — Schiff: Sulla glycogenia animale. Firenze 1866. — Derselbe: Nouvelles recherches sur la glycogénie animale. Journ. de l'Anat. et de Physiol. 1866. p. 354. — Eulenburg: Berl. klin. Wochenschr. 1867. Nr. 41. — Tieffenbach: Ueber die Existenz der glykogenen Function der Leber. Dissert. Königsb. 1869. — Dalton: The med. Record. New-York Aug. 1871. p. 245. — Bock u. Hofmann: Arch. f. path. Anat. LVI (1872), S. 201. — Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. XXXI, 144. 234. — Gscheidlen: Stud. über den Ursprung des Harnstoffs. Habilitationsschr. 1871. — Paton: Journ. of Anat. and Physiol. V, 299. — Dähnhardt: Zur Glykogenbild. in der Leber. Arb. aus d. Kieler physiol. Institut S. 164. — Luchsinger: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1872. S. 131. — Plósz: Arch. f. Physiol. VII (1873), S. 371. — Derselbe: Med. chem. Untersuch. v. Hoppe-Seyler. IV, 588. — v. Wittich: Arch. f. Physiol. VII, 28. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875. S. 291. — Dock: Arch. f. Physiol. V, 571. — Manassein: Arch. f. path. Anat. LVI, 220. — Sinéty: Compt. rend. LXXV, p. 1773. — Schöpffer: Arch. f. experim. Path. und Pharmak. I, 1873. S. 72. — Salomon; Centralbl. f. d. med. Wiss. 1874. Nr. 47. — Luchsinger: Arch. f. Physiol. VIII, 289. — Derselbe: Experiment. u. krit. Beitr. z. Physiol. u. Path. des Glykogens. Dissert. Zürich 1875. — G. Weiss: Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1873. LXVII (3), 5. — G. Salomon: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1874. S. 179, 738. — Goldstein: Verhandl. der Würzb. med. phys. Gesellsch. 1874. VII, 1. — Koukol-Krasnopolsky: Arch. f. Physiol. XII, 79. — Konjikoff: Ueber den Einfluss gewisser Agentien auf die Menge des Glykogens in der Leber. Dissert. Petersburg 1876. — S. Wolffberg: Zeitschr. f. Biol. XII, 266. — E. Külz u. E. Frerichs: Arch. f. Physiol. XIV, 460. — Im. Munk: Arch. f. Physiol. XI, 41. — Ebstein u. J. Müller: Ber. d.

deutsch. chem. Gesellsch. VIII, 674. — Zweifel: Unters. über den Verdauungsapparat der Neugeborenen. Berlin 1874. — Külz: Arch. f. Physiol. XIII, 267. — Lussana: Giornale veneto di scienze med. Ser. 3. XXII, 646. — J. Müller: Journ. f. prakt. Chem. N. F. X, 444. — Stenberg: Ber. über Thierch. v. Maly. V, 292.

Chemische Bestandtheile.

Die bisher in der Leber, theils des Menschen und theils von Thieren nachgewiesenen chemischen Bestandtheile sind nachstehende:

Wasser, — Collagen, — Fette, worunter Oleïn, Palmitin und Stearin, — Glykogen, — Traubenzucker, — Fleischmilchsäure und flüchtige Fettsäuren, — Inosit, — Harnstoff, — Guanin, — Harnsäure (namentlich reichlich und constant in der Leber von Vögeln), — Hypoxanthin, — Xanthin, — Scyllit, — Cystin, — Leucin und Tyrosin, — Bilirubin und Gallensäuren, — nicht näher isolirte extractive Materien, — anorganische Salze: Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen, gebunden an Chlor, Phosphorsäure und Schwefelsäure, — Mangan und Spuren von Kieselerde.

Es ist eine bekannte und forensisch sehr wichtige Thatsache, dass in den Organismus eingeführte Metalle sich vorzugsweise in der Leber localisiren und hier, auch dann noch in nachweisbarer Menge vorhanden sind, wenn sie sich anderswo nicht mehr nachweisen lassen. Am häufigsten finden sich in der Leber von derartigen Metallen: Blei, Kupfer, Quecksilber, Zink, Arsenik und Antimon.

Blei und Kupfer lassen sich spurenweise in den meisten Lebern nachweisen, da diese Metalle mit den Nahrungsmitteln aus verschiedenen Gründen, in den Organismus gelangen können.

Bezüglich der oben angeführten organischen Bestandtheile der Leber bemerken wir zur Erläuterung Folgendes:

Die Eiweisskörper stammen zum Theil allerdings aus den Blutgefässen; allein einerseits ist ihre Menge zu bedeutend, als dass man sie ganz auf Rechnung derselben setzen könnte, und anderseits sind es nach den Beobachtungen von Plósz (vergleiche weiter unten) auch der Leber eigenthümliche. Collagen gehört den leimgebenden Gewebstheilen der Leber an; wird die Leber längere Zeit gekocht, so verwandelt es sich in Glutin und findet sich dann im Leberdecocte.

Die Fette der Leber, die sich bei gewissen Krankheiten, wie wir später erörtern werden, ausserordentlich vermehrt zeigen, sind qualitativ keineswegs genau gekannt; dieselben sind zum Theil in Alkohol und Aether, zum Theil in Aether allein und zum Theil endlich in Alkohol allein löslich; der in Alkohol und Aether lösliche Theil enthält zuweilen, aber im Allgemeinen selten, Spuren von Cholesterin (v. Bibra); bei 15 bis 18° C. ist er noch fest und stets braun gefärbt. Die eigentlichen verseifbaren Fette der Leber, enthalten jedenfalls Oleïn in bedeutender Menge, ausserdem Palmitin und Stearin. Nach den Beobachtungen von Naumann zeichnen sich die Leberfette der Fische durch eine viel

stärkere Wirkung auf Kaliumpermanganat aus, als sie andere Fette zeigen. Naumann schliesst hieraus auf eine leichtere Oxydirbarkeit derselben.

Der Traubenzucker wird von Cl. Bernard als Normalbestandtheil der Leber auch Heute noch angesprochen. Von den meisten Physiologen wird er aber als eine postmortale Bildung aufgefasst (Ritter, Pavy, Schiff, Herzen, Eulenburg, Tieffenbach, Tscherinoff, Lussana); in neuerer Zeit hat sich auf Grund seiner Versuche nur Dalton für die von Cl. Bernard neuerdings wieder behauptete Präexistenz des Zuckers in der Leber lebender Thiere ausgesprochen; doch wird auch von Tieffenbach und Tscherinoff eingeräumt, dass die normale Leber Spuren von Zucker enthalten könne.

Das Glykogen ist ein Normalbestandtheil der Leber; da es sich, durch Injection der Leber mit Wasser aus selber leicht auswaschen lässt, scheint es vorzugsweise in den grösseren Lebergängen enthalten zu sein. Die Angabe Schiff's, dass in der Leber dunkelrandige, das Licht stark brechende Körnchen von Glykogen vorkommen, bestreiten Bock und Hoffmann.

Fleischmilchsäure wurde von verschiedenen Beobachtern in der Leber des Menschen und der Thiere nachgewiesen, während flüchtige Fettsäuren insoferne nicht als Normalbestandtheil der Leber angesprochen werden können, als sie bisher nur in der Leber des Ochsen gesucht und uachgewiesen zu sein scheinen (Gorup-Besanez). Inosit hat man in der Leber bald gefunden und bald vergeblich gesucht. Cloëtta fand ihn in der Leber des Ochsen, Neukomm in jener des Menschen bei Brightischer Nierenkrankheit, aber nur ein einziges Mal, während er in der Leber an anderen Krankheiten Verstorbener, vergeblich gesucht wurde. Es erscheint demnach mindestens zweifelhaft, ob der Inosit als Normalbestandtheil der Leber anzusehen ist, oder ob er darin nur unter gewissen, bis nun unbekannten Bedingungen auftritt. In der Leber und anderen Organen von Knorpelfischen, namentlich Plagiostomen, wurde von Städeler und Frerichs Scyllit aufgefunden.

Harnstoff, welcher früher nur von Neukomm in der Leber eines an Tuberculose verstorbenen Mädchens aufgefunden war, wurde seither als Normalbestandtheil der Leber von Säugethieren nachgewiesen (Meissner, Gscheidlen, Paton u. A. vgl. S. 251).

Die Harnsäure dagegen scheint regelmässig in der Leber vorzukommen. Sie findet sich in der Menschen- und Ochsenleber constant und zwar in ziemlicher Menge (Scherer, Cloëtta), ebenso und besonders reichlich in der Leber von Hühnern (Meissner).

Hypoxanthin und Xanthin scheinen die Harnsäure häufig zu begleiten; wenigstens fand Scherer neben Harnsäure, Hypoxanthin in jeder Menschenleber, Xanthin bei gelber Leberatrophie und in der Leber des Ochsen; Städeler und Almén fanden Xanthin in der Leber

des Ochsen, aber weder Hypoxanthin noch Guanin. Das Vorkommen des Guanins in der Leber, ist überhaupt noch nicht mit voller Sicherheit constatirt.

Cystin wurde nur ein einziges Mal in der Leber aufgefunden und zwar in der Leber eines an Typhus verstorbenen Säufers und ist daher wohl als pathologischer Bestandtheil aufzufassen (Scherer). Taurin wurde mit voller Sicherheit in der Leber überhaupt noch gar nicht nachgewiesen. In der Leber eines, an Krebscachexie verstorbenen Individuums fand Neukomm einmal Krystalle, die er nach ihrem Habitus und ihrem Verhalten in der Hitze, für Taurin zu halten geneigt war.

Geringe Mengen von Leucin kommen zuweilen in normalen Lebern vor, nicht aber Tyrosin. Die Leber von Hühnern enthält besonders nach Fleischdiät viel Leucin, aber ebenfalls kein Tyrosin (Meissner). Beide Stoffe treten aber in der Leber, in reichlicher Menge, bei verschiedenen Krankheiten auf und sind hier von besonderer physio-pathologischer Bedeutung.

Bilirubin in Krystallen wurde von Virchow in einer carcinomatösen Leber und von Valentiner nachgewiesen.

Gallensäuren müssen sich unter den extractiven Materien der Leber nothwendiger Weise vorfinden, da in den Gallengängen bereits fertig gebildete Galle enthalten ist; dasselbe gilt von dem Gallenfarbstoff; bestimmte Angaben über ihre Nachweisung in den Leberauszügen scheinen aber zu fehlen.

Die von Cl. Bernard, Hensen, v. Wittich, Ebstein und J. Müller u. A. angenommene Existenz eines Fermentes, welches das Glykogen in Zucker verwandeln soll, ist chemisch streng allerdings nicht erwiesen, doch haben Ebstein und Müller aus der Leber nach der v. Wittich'schen Methode einen Körper isolirt, der Glykogen (allerdings langsam) in Zucker verwandelte und ist die Existenz eines diastatischen Fermentes in der Leber von vornherein sehr wahrscheinlich. Zweifelhaft ist die Existenz eines in Wasser unlöslichen Glykogens in der Leber, welches Hensen aus der Beobachtung erschloss, dass auch solche Lebern mit Ferment und Salzsäure behandelt, Zucker liefern, aus welchen durch Wasser weder Zucker noch gewöhnliches Glykogen ausgezogen werden kann. Diese Beobachtung wurde von Dähnhardt bestätigt, aber von Luchsinger so gedeutet, dass sie auf die unvollständige Befreiung der Leber von Glykogen, welche nur schwer gelinge, zurückzuführen sei.

Erwähnenswerth ist, dass Carbolsäure und freie Salicylsäure die diastatische Wirkung des supponirten Leberfermentes nicht aufheben, wohl aber wird sie durch die letztere, sowie auch durch Säuren und Alkalien verlangsamt (Ebstein und Jul. Müller, Stenberg).

Allgemeines chemisches Verhalten der Leber.

Allgemeines chemisches Verhalten der Leber.

Die frische Leber zeigt auch an völlig blutfreien Schnitten alkalische Reaction; dieselbe geht nach kurzer Zeit bei Zimmertemperatur, noch rascher bei Körperwärme in eine neutrale, dann in deutlich saure über, wobei sie an Consistenz zunimmt (Plósz). Auch der wässerige Auszug der todtenstarren Leber reagirt deutlich sauer, wird bei längerem Stehen opalisirend und färbt sich von oben herab grünlich (v. Bibra), wahrscheinlich in Folge des Uebergangs von Bilirubin in Biliverdin. Das Protoplasma der Leberzellen ist trübe und lässt bei der mikroskopischen Uutersuchung zweierlei Arten von Körnchen unterscheiden: grössere runde aus Fett bestehende und kleinere, jedenfalls aus mehreren Substanzen bestehende; 0·75procentige Chlornatriumlösuug verändert die Leberzellen nicht; 10procentige löst einen Theil der feinen Körnchen auf, während ein anderer dadurch nicht verändert wird; dieser letztere wird aber von Säuren gelöst. Die Kerne der Leberzellen werden auf Zusatz von Essigsäure deutlicher sichtbar, schrumpfen aber dabei nicht (Kühne) und zwar selbst nicht durch Essigsäure von 20 Proc. Extrahirt man die Leberzellen aber vorher mit 10procentiger Kochsalzlösung, so schrumpfen sie auf Zusatz von Essigsäure; ebenso lässt sich durch längere Zeit fortgesetzte Behandlung mit Salzsäure oder Essigsäure Schrumpfung bewirken. Unterwirft man Leberzellen der Pepsinverdauung, so bleiben feine Körnchen von Nucleïn unverdaut (Plósz).

Macht man die todtenstarre Leber durch Ausspritzen der Gefässe mit verdünnter Kochsalzlösung von Blut, Galle und Lymphe frei, wobei auch Glykogen, Zucker und ein Theil der Eiweisskörper entfernt werden, zerkleinert sie dann, knetet durch Leinen, lässt den durchgegangenen Leberzellenbrei absitzen und extrahirt ihn mit Chlornatriumlösung von 0·75 Proc., so enthält der Auszug: 1. einen Eiweisskörper von allen Eigenschaften des Myosins, bei + 45° coagulirend und möglicher Weise mit Myosin wirklich identisch; 2. einen Eiweisskörper, bei + 70° coagulirend, welcher sich bei der Pepsinverdauung in einen dabei sich als Pepton lösenden Eiweissstoff, und in einen als feinen pulverigen Niederschlag sich absetzenden schwefel- und phosphorhaltigen Körper spaltet, welcher alle Merkmale des Nucleïns zeigt: Nucleoalbumin.

Erhitzt man die isolirten, mit Wasser, oder mit Chlornatriumlösung von 0·75 Proc. erschöpften Leberzellen mit 10proc. Kochsalzlösung, so lösen sich reichliche Mengen eines bei + 75° coagulirenden Eiweissstoffes, fällbar aus dieser Lösung durch viel Wasser, gesättigte Kochsalzlösung und durch Salzsäure, durch letzteres Agens in Acidalbumin übergehend und bei der Pepsinverdauung ohne Rückstand sich lösend: globulinartiger Eiweisskörper. Auch an Natriumcarbonatlösung geben die todtenstarren Leberzellen einen myosinähnlichen Eiweisskörper ab (Plósz).

Die frischen noch nicht abgestorbenen Leberzellen liefern nach einer Methode, welche dem Verfahren von Kühne zur Darstellung des Muskelplasmas nachgebildet ist, wenige Tropfen einer opalisirenden alkalischen Flüssigkeit (Leberplasma) und enthalten Albumin, einen bei + 45 coagulirenden Eiweissstoff (Myosin?), Nucleoalbumin, Glykogen und Spuren von Zucker. Myosingerinnung kann am Leberplasma nicht wahrgenommen werden (Plósz).

Das Gewebsgerüste der Leber, insbesondere das Gewebe der Blut- und Gallengefässe, besteht aus den gewöhnlichen Bestandtheilen dieser Formelemente; die Flüssigkeit, welche durch Extraction der zerkleinerten Leber mit Wasser erhalten wird, ist ein Gemenge des Inhaltes der Blut- und Lymphgefässe, der Leberzellen, Lebergänge und Gallengänge und der Schleimdrüsen.

Bei der Fäulniss der Leber unter Luftabschluss bilden sich Leucin, Tyrosin, Pepton und zuweilen auch Indol; die Neutralfette werden vollständig zersetzt, Palmitinsäure und Stearinsäure sind nachweisbar, Glycerin nicht. Die Fäulniss bei Zutritt der Luft liefert dieselben Producte (Koukol-Krasnopolsky).

Quantitative Verhältnisse.

Quantitative Verhältnisse. Quantitative Analysen der Leber als Ganzes wurden in grosser Menge von v. Bibra an Menschen und Thieren angestellt. Er bestimmte den Wassergehalt, das lösliche Albumin, Glutin, die extractiven Materien collectiv. Er bestimmte endlich die anorganischen Bestandtheile.

Oidtmann, der ebenfalls Leberanalysen ausführte, bestimmte den Gehalt an Wasser, organischen und anorganischen Stoffen und zerlegte die letzteren genauer, als dies von v. Bibra geschehen war.

Wir stellen einige der, gesunde Lebern betreffenden Analysen tabellarisch zusammen.

Quantitative Analysen der Leber von Menschen und Thieren, bei normaler Beschaffenheit der Leber.

In 100 Theilen	Leber von Menschen. v. Bibra.					
	Junger Mann Tod in Folge eines Sturzes	Geisteskranker Mann	Weib an Karbunkel verstorben	Frau nach einer Amputation gestorben	Mann von 36 Jahren Typhus	Jüngling von 18 Jahren Typhus
Wasser	76·17	78·24	72·72	76·31	75·18	78·54
Feste Stoffe	23·83	21·76	27·28	23·69	24·82	21·46
Unlösliche Gewebe	9·44	9·69	11·24	10·18	10·20	9·08
Lösliches Albumin	2·40	1·65	2·67	2·99	2·63	2·72
Glutin	3·37	3·99	5·82	2·67	4·05	5·53
Extractivstoffe	6·07	2·78	5·02	4·57	4·57	2·31
Fett	2·50	3·65	2·53	3·28	3·37	1·82

Eine volle Garantie dafür, dass die Analyse mit einer gesunden Leber angestellt wurde, bietet wohl nur der Fall I. dar, denn in den übrigen Fällen, kann wohl nur der Umstand für die normale Beschaffenheit der Leber angeführt werden, dass pathologisch-anatomische Veränderungen an den Lebern nicht nachzuweisen waren.

In 100 Theilen	Leber von Thieren. v. Bibra.				
	Ochs		Kalb	Reh	Taube
	I.	II.			
Wasser	70·86	71·92	72·80	72·86	71·97
Feste Stoffe	29·14	28·08	27·20	27·14	28·03
Unlösliches Gewebe .	12·98	11·29	11·04	12·00	11·40
Lösliches Albumin . .	1·04	2·35	1·90	3·22	1·77
Glutin	6·77	6·25	4·72	4·17	4·34
Extractivstoffe	5·71	4·91	7·15	4·23	5·17
Fett	2·64	3·28	2·39	3·52	5·36

Bei den Analysen der Thierlebern stellt sich eine viel grössere Uebereinstimmung in der Zusammensetzung heraus, wie diejenige, welche sich in obigen Analysen von Menschenlebern zeigt.

Allgemeine Folgerungen lassen sich übrigens aus allen diesen Analysen nicht ziehen.

Die Analysen von Oidtmann geben wir in nachstehender Tabelle:

In 100 Theilen	Leber von Menschen. Oidtmann.			
	Geisteskranker Mann von 58 Jahren Leber 1495 Grm.	58jähr. Mann Marasmus senilis Leber 470 Grm.	Neugeborenes Kind Syphilis Leber 150 Grm.	Alte Frau
Wasser	74·031	62·593	82·504	80·631
Organische Stoffe .	24·866	36·340	16·587	18·651
Anorganische Stoffe	1·103	1·066	0·908	0·718

In 100 Theilen	Leber von Thieren. Oidtmann.				
	Kaninchen	Junger Hund	Alter Hund	Stör	Karpfen
Wasser	56·052	79·275	63·276	81·816	78·288
Organische Stoffe .	43·135	19·829	35·985	16·968	20·370
Anorganische Stoffe	0·812	0·896	0·739	1·216	1·342

Aus seinen zahlreichen Beobachtungen zieht Oidtmann den Schluss, dass der Wassergehalt der Leber und der drüsigen Organe überhaupt, zu dem Alter und der körperlichen Ausbildung des Organismus in umgekehrtem Verhältnisse stehe, auch wachse mit dem Lebensalter der Aschengehalt. Unter den anorganischen Bestandtheilen der Leber prävaliren die Kaliumsalze über die Natriumsalze, jedoch in geringerem Grade als im Fleische.

Dies ergiebt sich in der That, wenn wir die, von Oidtmann für die anorganischen Bestandtheile der Leber erhaltenen Zahlen, auf 100 Thle. Asche berechnen und die so berechnete Zusammensetzung der Leberasche neben jene der Fleischasche stellen, wie dies in nachstehender Tabelle ausgeführt ist.

Aschenanalysen der Leber verglichen mit denen des Fleisches.

In 100 Theilen Asche	Leber		Fleisch	
	Mann. Oidtmann	Kind. Oidtmann	Ochs. Stölzel	Kalb. Staffel
Kali	25·23	34·72	35·94	34·40
Natron	14·51	11·27	—	2·35
Magnesia	0·20	0·07	3·31	1·45
Kalk	3·61	0·33	1·73	1·99
Kalium	—	—	5·36	—
Natrium	—	—	—	} 10·59
Chlor	2·58	4·21	4·86	
Phosphorsäure	50·18	42·75	34·36	48·13
Schwefelsäure	0·92	0·91	3·37	—
Kieselsäure	0·27	0·18	2·07	0·81
Phosphorsaures Eisenoxyd	—		—	—
Eisenoxyd	2·74		0·98	0·27
Manganoxydul	0·10	} 5·45	—	—
Kupferoxyd	0·05		—	—
Bleioxyd	0·01		—	—
Kohlensäure	—	—	8·02	—

Aus dieser Zusammenstellung ergiebt sich die grosse Uebereinstimmung in der Zusammensetzung der Leber- und Fleischasche auf das Unzweideutigste.

Ueber die Gewichtsmengen einzelner Leberbestandtheile liegen nachstehende Angaben vor:

G. Meissner fand in 474 Grm. Hundeleber 0·093 Grm., in 347 Grm. Kaninchenleber 0·026 Grm. Harnstoff. Nach Versuchen von J. Munck schwankte der Harnstoffgehalt der Leber von Hunden von 0·02 bis 0·046 Proc., war demnach erheblich geringer, wie der von G. Meissner gefundene. In 500 Grm. Hühnerleber bei Fleischfutter fand Meissner 0·31 Grm., in 298 Grm. Hühnerleber bei Gerstenfutter 0·14 Grm. Harnsäure.

In der Rindsleber fand Almén 0·024 Proc. Xanthin.

In zwei Lebern neugeborener Kinder fand Salomon in der einen 1·2, in der anderen (approximativ) 11 Grm. Glykogen; in der Leber eines Kaninchens 8 Grm.

Schwankungen des Zucker- und Glykogengehaltes der Leber.

Ueber den Zuckergehalt der Leber und über die Schwankungen, die er unter verschiedenen physiologischen Bedingungen zeigt, wurden

von Cl. Bernard, Moos und Stokvis Untersuchungen angestellt. Cl. Bernard fand den Zuckergehalt der Leber bei Hunden, so lange die Circulation erhalten bleibt, in neueren Versuchen zu 0·82 bis 3·5 Proc. Nach Unterbrechung der Circulation aber steigt die Zuckermenge beträchtlich an. Bezüglich des Glykogengehaltes der Leber ist Folgendes mehr oder weniger festgestellt.

1. Nach mehrtägigem Hungern nimmt das Glykogen der Leber ab und kann daraus vollständig verschwinden (Mac-Donnell, Tscherinoff, Dock, Konjikoff). Nach mehrtägigem Hungern bewirkt bei Kaninchen auch die Piqure keinen Zuckergehalt des Harns mehr; Zuckerzufuhr macht die Leber bald wieder glykogenhaltig (Dock).

2. Fütterung mit Amylaceis, mit Traubenzucker, mit Kohlehydraten überhaupt und mit Glycerin bewirken Vermehrung des Glykogens (Konjikoff, S. Weiss, Luchsinger, Goldstein); Fütterung mit Leim dagegen ist entgegen den Angaben von Cl. Bernard, welcher dadurch ebenfalls Vermehrung eintreten sah, ohne Wirkung (Mac-Donnell), ebenso solche mit Mannit (Konjikoff, Luchsinger).

3. Bei Fütterung mit Fleisch ist der Glykogengehalt der Leber von Hühnern am geringsten (1·7 Proc. vom Gewicht der feuchten Leber), höher bei Gerstenfutter (6·6 Proc.) und bei Fütterung mit Reis (7·98 Proc.), am höchsten (12·8 Proc. vom Gewicht der feuchten Leber) bei Fütterung mit Rohrzucker und Fibrin (Tscherinoff). Bei letzterem Fütterungsmodus bekamen übrigens alle Thiere Fettleber. Einige Stunden nach der Nahrungsaufnahme ist der Glykogengehalt der Leber am grössten, dann nimmt er ab.

4. Unterbindung des *Ductus choledochus* hat Verminderung des Leberglykogens zur Folge (v. Wittich); nachherige Zuckerzufuhr ist dann ohne Einfluss auf seine Menge (E. Külz u. E. Frerichs).

5. Arsenikausfuhr vermindert das Glykogen bis zum Verschwinden, ebenso Einfuhr von Arsenik; ebenso endlich Amylnitrit und Nitrobenzol (Konjikoff).

Schwankungen im Fettgehalte der Leber.

Sehr bedeutenden Schwankungen ist auch der Fettgehalt der Leber unterworfen, wie sich dies schon aus den oben mitgetheilten Analysen v. Bibra's ergiebt. In der gesunden Leber scheint er mit dem allgemeinen Fettreichthum des Körpers zu wachsen; er ist aber auch entschieden abhängig vom Fettgehalte der Nahrung, wie schon Magendie, Gray, Laue u. A. behauptet hatten. Frerichs hat durch exacte Versuche die Richtigkeit dieses Satzes dargethan; wenn er Hunde, denen er ein Stückchen Leber ausgeschnitten, mit fettreicher Nahrung fütterte, so ergab sich schon nach 22 Stunden eine merkliche Zunahme des Fettgehaltes der Leber, und nach 8 Tagen war die Leber mit Fett aufs Reichlichste erfüllt. Wurde umgekehrt fettarme Nahrung gereicht, so fand alsbald eine Abnahme des Fettgehaltes der Leber statt. Die Fette werden in das Innere der Leberzellen als Körnchen und Tröpf-

chen, zuweilen aber auch krystallinisch abgelagert. Ausser in den Zellen soll aber das Fett auch frei in den Gallengängen vorkommen (Vogel, Wedl). Die Leber von im Eierlegen begriffenen Hennen fand G. Meissner ausserordentlich reich an Fett, während die Leber von gleichzeitig untersuchten gleich genährten Hühnern keinen höheren Fettgehalt wie gewöhnlich zeigte. Im Winter dagegen, wo die Hennen keine Eier legten, fand sich kein Unterschied zwischen der Leber von Hennen und Hühnern, sie waren beide fettarm. Meissner hält es für möglich, dass das Dotterfett in der Leber bereitet werde. Bei Frauen, Kaninchen, Hunden und Wiederkäuern ist die Leber während der Lactation sehr fettreich; die Fetttropfen liegen hier vorzüglich in den Leberzellen. Auch bei säugenden Thieren ist die Leber stets mit Fetttröpfchen angefüllt (Sinéty).

Pathologisch-chemische Veränderungen.

Pathologisch-chemische Veränderungen der Leber. Bei verschiedenen Krankheiten treten in der Leber Stoffe auf, welche in gesunden Lebern entweder nicht, oder nur in sehr geringen Mengen vorzukommen scheinen; hierher gehören Leucin und Tyrosin, Cystin und Harnstoff. Meist ist das Auftreten dieser Stoffe von der Beeinträchtigung der Leberfunction: der Gallenbildung, begleitet, doch ist namentlich die Vermehrung des Leucins und Tyrosins in der Leber bei so vielen Krankheiten beobachtet, dass eine bestimmte Beziehung zu Leberkrankheiten im engeren Sinne, nicht angenommen werden kann. Man hat diese Vermehrung beobachtet bei Typhus, Pyämie, perniciösen Wechselfiebern, Pleuritis mit Cerebralerscheinungen, Rückenmarkslähmungen, Anämie, Tuberculose, acutem Gelenksrheumatismus, Herzkrankheiten, endlich im bösartigen Icterus, acuter Leberatrophie und acuter gelber Erweichung der Leber, sonach eigentlichen Leberkrankheiten. Bei fiebernden Thieren (Kaninchen, bei welchem mehrtägiges Fieber durch Einspritzen von Jauche hervorgerufen wurde) sah Manassein das Glykogen in der Leber bis zum Verschwinden abnehmen; der Wassergehalt der Leber nahm nicht ab, wohl aber war die Menge des Wasser- und Alkoholextractes geringer, letzteres gleichzeitig gegenüber dem Wasserauszuge relativ bedeutender.

An mikroskopischen Schnitten einer malarischen Leber sah Plósz nach Behandlung mit Natronlauge und Chlorwasser, beim Befeuchten mit einer salzsauren Lösung von Ferrocyankalium an den Pigmentschollen entsprechenden Stellen Blaufärbung eintreten.

Quantitative Analysen der Leber in Krankheiten.

Quantitative Analysen der Leber in Krankheiten sind, wie bereits oben bemerkt, von v. Bibra, Frerichs und Folwarczny angestellt.

Allgemeine Schlüsse lassen sich aus diesen wenigen Analysen nicht ziehen, ausser etwa ein höherer Fettgehalt der Leber, unter jenen Bedingungen, unter welchen ihn auch die pathologische Anatomie schon nachweist.

In der Leber eines Diabetischen fand Külz auffallend viel Glykogen 0·685 g aus etwa $^1/_{10}$ der Leber, obgleich die Section erst 12 Stunden nach dem Tode vorgenommen wurde, und die letzte Nahrungszufuhr 34 Stunden vor dem Tode stattfand. Auch Cl. Bernard, Stokvis und W. Kühne haben in der Leber bei Diabetes den Zucker vermehrt gefunden, was mit dem Befunde von Külz nach unseren heutigen Anschauungen nicht im Widerspruche steht.

Milz.

Literatur: Scherer: Verhandl. d. Würzb. physik. med. Gesellsch. II, 323. — v. Gorup-Besanez: Ann. d. Chem. u. Pharm. XCVIII, 1 u. ff. — Städeler u. Frerichs: Mittheil. der naturf. Gesellsch. in Zürich IV, 1865; Journ. f. prakt. Chem. LXXIII, 48. — Virchow: Arch. f. path. Anat. VI, 135. 416. — Bödeker: Zeitschr. f. rat. Med. VII, 153. — Cloëtta: Ann. d. Chem. u. Pharm. XCIX, 289. — Städeler: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXVI, 102. — Oidtmann: Die anorg. Bestandth. der Leber etc. 1858. — Scherer: Ann. d. Chem. u. Pharm. CVII, 314. — Gray: On the structure and the use of the spleen 1854. — Neukomm: Ueber das Vorkommen von Leucin etc. Dissert. Zürich 1859. — W. Kühne: Arch. f. path. Anat. XXXII, 536. — Neubauer: Zeitschr. f. anal. Chem. VI, 1867. S. 33. — H. Nasse: Sitzungsber. der Marburg. Gesellsch. z. Beförd. d. ges. W. 1875, Nr. 2. — Malassez u. P. Picard: Compt. rend. LXXXII, 855. — Abeles: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. Nr. 5.

Die in den wässerigen, sauer reagirenden Auszügen der Milz von Menschen und Thieren (Ochsen) aufgefundenen Stoffe sind zahlreich, und für die Bedeutung des Organs von Interesse. Es sind folgende:

Chemische Bestandtheile.

Lösliches Albumin, — ein durch Essigsäure fällbarer stark eisenhaltiger Eiweissstoff, — verschiedene eisenhaltige Pigmente, — Fette, worunter ein halbfestes, — Cholesterin, — flüchtige Fettsäuren: Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, — Milchsäure, — Bernsteinsäure, — Glykogen, — Inosit, — Scyllit, — Harnsäure, — Hypoxanthin, — Xanthin, — Leucin, — Tyrosin, — Taurin, — anorganische Stoffe: Kalium, Natrium, Magnesium, Calcium, Eisen und Mangan, gebunden an Chlor, Phosphorsäure, Schwefelsäure — Kieselerde und nicht selten Spuren von Kupfer und Blei.

Den stark eisenhaltigen Eiweisskörper erhält man aus dem Filtrate vom Albumincoagulum des Milzextractes durch Fällung mit Essigsäure; es entsteht dadurch ein in überschüssiger Essigsäure wenig löslicher weisser Niederschlag, der bei gelindem Erwärmen der Flüssigkeit sich als eine körnige flockige Masse rasch abscheidet. Beim Trocknen backt er leimartig zusammen. Er enthält den eisenhaltigen Eiweissstoff (das Eisen wahrscheinlich als phosphorsaures), ausserdem aber noch Cholesterin und ein halbfestes Fett, die beide durch Behandlung des Niederschlags mit Aether ausgezogen werden. Durch langsames

Verdunsten des ätherischen Auszuges kann man das Cholesterin vom Fette trennen (Bödeker, Scherer). Die Fette der Milz sind übrigens nicht näher studirt; dasselbe gilt von den eisenhaltigen Pigmenten.

In der Milz, am reichlichsten in jener alter Pferde fand H. Nasse gelbliche Körnchen, die vorwiegend aus Eisenoxyd bestehen und wahrscheinlich aus dem Zerfall der Blutkörperchen hervorgehen. Auch in der Milz des Ochsen finden sich diese Körnchen reichlich. Der auch von Malassez und Picard nachgewiesene Eisengehalt der Milz wird von diesen Beobachtern auf im Milzgewebe ausserhalb der Blutgefässe enthaltenes Hämoglobin zurückgeführt. Sie spülten durch die *Art. lienalis* das Organ (beim Hunde) mit Chlornatriumlösung aus, bis die Flüssigkeit aus der Vene farblos ablief und erhielten so durch Einspritzen von Wasser in die Vene eine rothgefärbte Flüssigkeit, welche alle Eigenschaften einer Hämoglobinlösung zeigte. Die ausgewaschene Milz enthielt fast kein Eisen mehr.

Flüchtige Fettsäuren fanden alle Beobachter in der Milz; Milchsäure (ob Fleischmilchsäure oder gewöhnliche wurde nicht constatirt), und Bernsteinsäure (durch Elementaranalyse und Atomgewichtsbestimmung constatirt) wies ich in der Ochsenmilz nach. — Inosit wurde von Cloëtta, Scherer und Bödeker wiederholt und zwar in erheblicher Menge in der Ochsenmilz aufgefunden, konnte aber von Neukomm in der Milz des Menschen, allerdings an Krankheiten verstorbener nicht nachgewiesen werden. Scyllit findet sich nach Städeler und Frerichs in der Milz der Plagiostomen. Glykogen wurde von Abeles in der normalen Milz von Hunden nach mehrtägiger Brodfütterung gefunden.

Die Harnsäure wurde von Scherer, Cloëtta und von mir in der Milz, auch des Ochsen aufgefunden. Um diese Säure jedoch als constanten Bestandtheil der Milz anzusprechen, scheinen die Beobachtungen noch nicht zahlreich genug; auch konnte Neukomm unter Städeler's Leitung die Harnsäure in der Menschenmilz bei Syphiliscachexie und Delirium tremens nicht nachweisen.

Hypoxanthin entdeckte Scherer in der Milz des Ochsen. Er fand es aber auch in der menschlichen Milz und zwar in allen Altersperioden. Sein Vorkommen in der Ochsenmilz wurde von verschiedenen Seiten bestätigt (Gorup-Besanez, Cloëtta, Städeler, Neubauer).

Xanthin wies Scherer in der Milz des Ochsen und des Menschen (bei Milztumor) nach. Städeler bestätigte das Vorkommen xanthinähnlicher Körper in der Ochsenmilz und Neubauer wies darin Hypoxanthin und Xanthin mit aller Bestimmtheit nach.

Leucin und Tyrosin kommen in der Milz im gesunden und kranken Zustande, wie es scheint, constant und in ziemlicher Menge vor, jedoch in wechselnden relativen Gewichtsverhältnissen, bald überwiegt das Leucin und bald das Tyrosin.

Taurin wurde in der Milz des Rochen (*Raja batis* und *clavata*) aufgefunden (Städeler und Frerichs).

Die anorganischen Bestandtheile der Milz sind qualitativ dieselben, wie jene der Leber, und auch von aussen in den Organismus eingeführte Metalle, wie Kupfer, Blei, Zink u. s. w., lassen sich ähnlich wie in der Leber auch in der Milz meist nachweisen.

Quantitative Verhältnisse.

Quantitative Verhältnisse. Genauere quantitative Bestimmungen der anorganischen Milzbestandtheile, des Wassers und der organischen Stoffe collectiv, wurden von Oidtmann ausgeführt. Um die Unterschiede in den quantitativen Verhältnissen der Leber und Milz übersichtlich zu machen, stellen wir die von Oidtmann mit Leber und Milz eines und desselben Individuums angestellten Analysen tabellarisch zusammen.

In 100 Theilen	Geisteskranker Mann. 56 Jahr		Geisteskranke Frau	Marasmus sen. 58jähriger Mann		Syphilitischer Neugeborener einige Stunden alt	
	Leber 1495 g	Milz 198 g	Milz 115 g	Leber 470 g	Milz 175 g	Leber 150 g	Milz 89·8 g
Wasser	74·031	75·031	77·480	62·593	69·387	82·504	80·007
Feste Stoffe	25·969	24·969	22·520	37·407	30·613	17·496	19·993
Organische Stoffe	24·866	24·232	21·569	36·340	30·118	16·587	19·325
Anorganische Stoffe	1·103	0·736	0·950	1·066	0·494	0·908	0·667
Chlor	0·0285	0·0040	0·0125	0·0227	0·0074	—	—
Phosphorsäure	0·5535	0·1995	0·1803	0·0592	0·0172	—	—
Schwefelsäure	0·0102	0·0187	0·0137	0·0038	—	—	—
Kieselsäure	0·0030	0·0013	0·0069	0·0013	0·0051	—	—
Kali	0·2783	0·0707	0·1664	0·6826	0·3207	—	—
Natron	0·1601	0·3263	0·3356			—	—
Kalk	0·0399	0·0551	0·0694	0·0412	0·0049	—	—
Bittererde	0·0023	0·0036	0·0097		—	—	—
Phosphorsaures Eisenoxyd	—	—	0·1548	0·2491	0·1373	—	—
Eisenoxyd	0·0303	0·0536	—	—	—	—	—
Manganoxydul	0·0011	0·0006	0·0003	—	—	—	—
Kupferoxyd	0·0006	0·0005	0·0004	—	Spur	—	—
Bleioxyd	0·0001	—	0·0003	—		—	-

Aus der Vergleichung dieser Analysen ergiebt sich, dass die Milz durchschnittlich wasserreicher ist, als die Leber; sie enthält ferner weniger Aschenbestandtheile. Unter den letzteren ist das Verhältniss zwischen Kalium und Natrium ein umgekehrtes, wie bei der Leber; während in dieser die Kaliumsalze prävaliren, prävaliren in der Milz die Natriumsalze bedeutend. Die Menge des Eisens ist in der Milz auffallend gross (H. Nasse fand in der trockenen Milzpulpa alter Pferde nahe an 5 Proc.), was von dem Blutreichthum der Milz allein um so weniger abgeleitet werden kann, als merkwürdiger Weise trotz dieses Blutreichthums der Chlorgehalt der Milz sehr gering ist.

Diese Verhältnisse treten bei einer übersichtlichen Darstellung der für 100 Theile Asche berechneten Zahlen noch deutlicher hervor.

In 100 Theilen Asche	Leber	Milz	
	56jähriger Mann	56jähriger Mann	Frau
Kali	25·23	9·60	17·51
Natron	14·51	44·33	35·32
Magnesia	0·20	0·49	1·02
Kalk	3·61	7·48	7·30
Eisenoxyd	2·74	7·28	—
Phosphorsaures Eisenoxyd	—	—	16·30
Chlor	2·58	0·54	1·31
Phosphorsäure	50·18	27·10	18·97
Schwefelsäure	0·92	2·54	1·44
Kieselsäure	0·27	0·17	0·72
Manganoxydul	0·10	0·08	0·03
Kupferoxyd	0·05	0·06	0·04
Bleioxyd	0·01	—	0·03

Von Oidtmann ausgeführte Bestimmungen des Gehaltes der Milz verschiedener Thiere, an Wasser, organischen und anorganischen Stoffen, werden wir zugleich mit analogen, an anderen Drüsen von demselben Beobachter angestellten, weiter unten mittheilen.

Neubauer fand in der Rindsmilz 0·0153 Proc. Hypoxanthin neben ebenso viel oder mehr Xanthin.

Ueber pathologisch-chemische Verhältnisse der Milz ist wenig bekannt. Bei Diabetes mellitus fand W. Kühne wenig Zucker in der Milz und kein Glykogen.

Pankreas.

Literatur: Frerichs u. Städeler: a. a. O. — Virchow: a. a. O. — v. Gorup-Besanez: a. a. O. — Scherer: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXII, 257. — Städeler: Ebenda CXVI, 102. — W. Kühne: Arch. f. path. Anat. XXXIX, 130. — Radziewjewsky: Ebenda XXXVI, 20. — v. Nencki: Ueber die Zersetzung der Gelatine und des Eiweisses bei der Fäulniss mit Pankreas. Festschr. Bern. 1876. — J. Jeanneret: Unters. über die Zersetzung von Gelatine und Eiweiss durch die geformten Pankreasfermente bei Luftausschluss. Dissert. Bern. 1877. Vgl. im Uebrigen die Literatur bei Bauchspeichel S. 498.

Chemische Bestandtheile.

Die im Gewebe der Bauchspeicheldrüse nachgewiesenen Stoffe sind nachstehende:

Wasser, — lösliche Eiweisskörper und verschiedene Fermente (vergl. S. 500, 501, 502, 504), — Leucin, — Tyrosin, — Guanin, — Xanthin, — Milchsäure, — flüchtige Fettsäuren, — Inosit, — Fette, — anorganische Salze.

In dem Gewebe der Bauchspeicheldrüse des Rindes habe ich das dem Leucin homologe Butalanin ($C_5H_{11}NO_2$) entdeckt; bei einer späteren Untersuchung konnte ich es nicht mehr auffinden.

In der Bauchspeicheldrüse des Menschen bei Diabetes mellitus fand Neukomm etwas Traubenzucker.

In keinem drüsigen Organe findet sich Leucin in solcher Menge, wie im Pankreas (Städeler u. Frerichs, Virchow, Gorup-Besanez, Scherer, später auch von Radziewjewsky und W. Kühne bestätigt). Aus 20 Pfund Pankreas des Ochsen erhielt Scherer 180 Grm. reinen Leucins, dagegen nur geringe Menge von Tyrosin. Diese Menge Leucin entspricht 1·77 Proc. der frischen Drüse und bei einem Wassergehalte derselben von 76 bis 77 Proc., 7·37 Proc. der festen Bestandtheile. Scherer wies ausserdem nach, dass das Leucin kein Fäulnissproduct, sondern bereits in der frischen Drüse enthalten ist, indem er die Pankreasdrüse eines eben geschlachteten Ochsen sofort nach dem Herausnehmen aus dem Körper zerkleinern und in Bleizucker legen liess; durch Auskochen des so präparirten Pankreas und die weitere Behandlung des entbleiten Decocts wurde viel Leucin erhalten.

Xanthin und Guanin finden sich in der Bauchspeicheldrüse wie es scheint, wo nicht constant, doch sehr häufig. 20 Pfd. Pankreas des Ochsen lieferten Scherer 1·837 Grm. salzsaures Guanin = 1·238 Grm. Guanin und ausserdem 1·681 Grm. Xanthin. Dies entspricht für 100 Thle. frischer Bauchspeicheldrüse 0·0122 Guanin und 0·0166 Xanthin; letzteres ist daher im Pankreas in grösserer Menge enthalten, als im Fleische (0·0026 Grm.). Scherer erhielt diese beiden Körper aus der Bauchspeicheldrüse, indem er die durch Barytwasser ausgefällten und vorher durch Kochen von Albumin befreiten Auszüge unter Zusatz von essig-

saurem Kupfer eindampfte, den Kupferniederschlag in Salzsäure und Wasser kochend löste, noch warm mit Schwefelwasserstoff zersetzte, vom Schwefelkupfer abfiltrirte und verdunstete, wobei sich zuerst Xanthin in stark gefärbten krystallinischen Krusten, und später salzsaures Guanin in Nadeln abschied.

Inosit konnte Scherer in der Bauchspeicheldrüse nicht nachweisen, wohl aber Bödeker, der aus einem einzigen Pankreas des Ochsen reichliche Mengen von Inosit darstellte. Demnach dürfte der Inosit als constanter Bestandtheil der Bauchspeicheldrüse kaum zu betrachten sein.

Milchsäure, ohne constatiren zu können, um welche von den beiden Milchsäuren es sich handelte, habe ich in der Bauchspeicheldrüse nachgewiesen.

Durch die bei der Fäulniss des Pankreas sich entwickelnden Bacterien (Anaerobien) werden Eiweisskörper, Albuminoide und Kohlehydrate mehr oder weniger rasch unter Gasentwickelung zersetzt. Dabei werden aus Leim: Ammoniak, Aethyl- oder Propylamin, flüchtige Fettsäuren, Glycin und Peptone, aus Eiweiss: Ammoniak, Buttersäure und Leucin gebildet. Die Zersetzung des Albumins bei der Fäulniss mit Pankreas verläuft in zwei Phasen: 1) Hydratation des Albumins und Spaltung in Amidosäuren, 2) Reductions- und Oxydationsvorgänge. Die erstere wird durch Mikrococcen, die zweite, namentlich die Oxydation durch die Bacterien eingeleitet (v. Nencki). Die Micrococcen fand Nencki entsprechend den Angaben von Béchamp, Billroth und Tiegel im Pankreas des lebenden Thieres bereits präformirt. Die Pankreasfäulniss beruht demnach auf der Weiterentwickelung dieser präformirten Keime. Die Producte bei der Pankreasfäulniss unter Ausschluss der Luft sind nach Jeanneret's Versuchen die gleichen, doch verläuft der Process langsamer. Jeanneret fand endlich, dass zur vollständigen Entwickelung der Bacterien der Zutritt der Luft nicht, wohl aber die Gegenwart stickstoffhaltiger Substanzen nothwendig ist.

Quantitative Bestimmungen über den Wassergehalt und den Gehalt an organischen und anorganischen Stoffen des Pankreas werden wir weiter unten folgen lassen. Andere Bestimmungen, so wie namentlich auch Analysen der Pankreasasche fehlen; ebensowenig hat die Chemie über pathologische Veränderungen dieser Drüse Aufschlüsse gebracht.

Pankreassteine.

Ein Concrement im Wirsung'schen Gange hat C. G. Lehmann untersucht. Es bestand hauptsächlich aus einem geronnenen Albuminstoff und enthielt ausserdem nur wenig kohlensaures und phosphorsaures Calcium. Ein von O. Henry analysirter Pankreasstein bestand zu $^2/_3$ aus Calciumphosphat, zu $^1/_3$ aus gleichen Theilen von Calciumcarbonat und organischer stickstoffhaltiger Materie mit Spuren von löslichen Salzen. Golding-Bird fand in einem Pankreasconcrement 80 Thle. phosphorsaures, 3 Thle. kohlensaures Calcium und 7 Thle. thierischer Materie.

Nieren.

Literatur: Frerichs u. Städeler: a. a. O. — Cloëtta: a. a. O. — O. Beckmann: Arch. f. path. Anat. XI, 127. — Hermann: Wien. akad. Ber. XXXVI, 349. — Neukomm: a. a. O. — Frerichs: Bright. Krankh. Braunschweig, S. 42. — W. Kühne: a. a. O. — J. Orth: Arch. f. path. Anat. LXIII, 447. — Abeles: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. Nr. 5.

Chemische Bestandtheile.

Die in den Nieren bisher überhaupt aufgefundenen Stoffe sind nachstehende:

Wasser, — lösliche Eiweissstoffe, — Fette, — Hypoxanthin, — Xanthin, — Cystin, — Taurin, — Kreatin, — Leucin, — Tyrosin, — Harnstoff, — Harnsäure, — oxalsaures Natrium, — Glykogen, — Inosit, — Scyllit, — Traubenzucker, — anorganische Salze, — Ammoniak.

Mit Ausnahme des Wassers, des Albumins, der Fette und der anorganischen Salze ist es von allen übrigen aufgezählten Stoffen fraglich, ob sie als constante Bestandtheile des Nierengewebes anzusehen sind.

Sarkin und Xanthin wurden von Cloëtta und Städeler in den Ochsennieren aufgefunden, in Menschennieren von Neukomm.

Cystin in den Nieren des Ochsen fand Cloëtta in einem Falle, in einem anderen Falle dagegen gelang es nicht, Cystin aufzufinden; es fand sich statt dessen Taurin vor.

Kreatin wurde in der Niere von Hunden, deren Ureter 2 bis 3 Stunden unterbunden war, aufgefunden. Blieb der Ureter mehrere Tage lang geschlossen, so war das Kreatin verschwunden (Hermann).

Leucin konnten in der Niere des Ochsen weder Cloëtta noch Städeler auffinden. In den Nieren eines an Cholera verstorbenen Menschen dagegen, so wie in den Nieren an verschiedenen Krankheiten Verstorbener wurde es in reichlicher Menge gefunden, in anderen pathologischen Fällen dagegen fehlte es. Dasselbe gilt vom Tyrosin (Städeler, Neukomm). Beckmann fand in den Nieren Leucin und Tyrosin.

Harnsäure, wohl aus dem Harne stammend, wurde in menschlichen Nieren bei Tuberculose, Delirium tremens und Morbus Brighti von Neukomm nachgewiesen; sie fehlte aber in anderen Krankheiten und in den Nieren des Ochsen (Cloëtta).

Harnstoff beobachtete Neukomm in den Menschennieren bei Morbus Brighti in einem Falle; in anderen Fällen und bei anderen Krankheiten konnte er nicht aufgefunden werden.

Oxalsaures Natrium wurde ein einziges Mal bei Brightischer Krankheit in den Nieren nachgewiesen (Neukomm).

Inosit fand Cloëtta in den Ochsennieren und zwar in reichlicher Menge; aus 13 Pfund Ochsennieren erhielt er 5 bis 6 g Inosit. In verhältnissmässig gleicher Menge fand er ihn in der normalen Menschenniere und Neukomm wies ihn bei verschiedenen Krankheiten in der Niere nach, bei anderen dagegen nicht. In den Nieren von Hunden wies Abeles nach mehrtägiger Brodfütterung Glykogen nach. Aus den Nieren der Knorpelfische erhielten Städeler und Frerichs Scyllit in reichlicher Menge.

Traubenzucker ermittelten Neukomm und später auch W. Kühne in den Nieren an Diabetes mellitus Verstorbener.

Es steht dahin, ob die von Neukomm mehrfach gefundenen Ammoniaksalze einer Zersetzung des Harnstoffs ihren Ursprung verdanken.

Das Cystin, welches Cloëtta in den Nieren nachwies, fand sich in dem Niederschlage, welchen Bleiessig in dem von Albumin befreiten wässerigen Auszuge der Drüsen erzeugte. Der ausgewaschene Niederschlag wurde mit Schwefelwasserstoff zerlegt und die vom Schwefelblei abfiltrirte Flüssigkeit concentrirt, bis Alkohol eine bleibende Trübung erzeugte, hierauf mit dem gleichen Volumen Alkohol vermischt und bis zum Verschwinden der Trübung erwärmt. Neben Inosit schied sich dann ein bräunlicher Absatz aus, der sich als ein Gemenge von Cystin und xanthinähnlichen Körpern erwies, aus welchem Natriumcarbonat das Cystin auszog, die Xanthinkörper (Sarkin oder Xanthin oder ein Gemenge von beiden) aber ungelöst liess. Aus der Sodalösung wurde das Cystin durch Essigsäure gefällt.

Taurin fand Cloëtta in dem Filtrate des Bleiessigniederschlages; aus diesem Filtrate wurde das überschüssige Blei durch Schwefelwasserstoff entfernt, dann dasselbe bis zur Syrupsconsistenz concentrirt, zur Entfernung der essigsauren Alkalien die Auflösung des syrupartigen Rückstandes in schwachem kalten Weingeist mit verdünnter Schwefelsäure gefällt und ein kleiner Ueberschuss der letzteren durch vorsichtigen Zusatz von Barytwasser entfernt. Die klare Lösung wurde hierauf so weit eingedampft, bis ein gleiches Volumen Alkohol eine bleibende Trübung hervorbrachte, hierauf die ganze Flüssigkeit mit dem gleichen Volumen Alkohol vermischt und bis zum Verschwinden der Trübung erwärmt. Nach einigen Tagen schieden sich an den Wandungen des Gefässes Krystalle von Taurin aus.

Einige quantitative Bestimmungen vergleiche weiter unten.

Nebennieren.

Literatur: Vulpian: Gaz. méd. de Paris 1858. Nr. 24. — Vulpian u. Cloëz: Compt. rend. 1857. II, 10. — Virchow: Arch. f. path. Anat. XII. 481. — Harley: British and foreign med. chem. review XLI, January 1858. —

Seligsohn: De pigmentis pathologicis ac morbo Addisoni adjecta chemia glandular. suprarenalium. Dissert. Berol. 1858. — Holm: Journ. f. prakt. Chem. C, 150; Unters. zur Naturlehre X, 456.

Chemische Bestandtheile.

In dem Gewebe der Nebennieren hat man nachstehende Stoffe aufgefunden:

Wasser, — einen eigenthümlichen, in seiner Lösung durch Jod roth, durch Eisenchlorid schwarzblau gefärbten Körper, — Leucin, — Hypoxanthin, — Benzoësäure, — Hippursäure, — Taurocholsäure, — Taurin, — Inosit, — Fette, worunter Palmitin, — Myelin, — anorganische Salze: Kaliumphosphat, Natriumphosphat, Calcium- und Magnesiumphosphat, — Chlorkalium, Eisen.

Allgemeines chemisches Verhalten des Nebennierensaftes.

Der aus der Medullarsubstanz der Nebennieren von Menschen und Thieren gewonnene Saft mit destillirtem Wasser verdünnt, reagirt neutral oder schwach sauer; Eisenchlorid bewirkt darin eine dunkle, ins Blaue oder Grüne spielende, zuweilen schwärzliche Färbung; wässerige Jodtinctur, ebenso auch Chlor und Brom in geringer Menge erzeugen eine carminrothe Färbung; der Saft nimmt auch eine rothe Färbung an, wenn er einige Stunden steht und namentlich dem Sonnenlichte ausgesetzt wird; vorheriges Aufkochen beschleunigt die rothe Färbung, welche auch durch Zusatz von Salpetersäure und Schwefelsäure nicht verhindert wird und sich oft Monate lang erhält. Eine ähnliche rothe Färbung bewirken Mangan-, Kobalt-, Nickelchlorür, Eisenchlorür, Platin- und Goldchlorid. In dem Nebennierensafte des Hammels tritt die rothe Färbung nach vorhergehendem Aufkochen nicht mehr ein (Vulpian, Harley). Der diese Reaction veranlassende Körper kommt ausschliesslich der Marksubstanz zu und zwar nicht den morphologischen Elementen derselben, sondern der Intercellularflüssigkeit (Virchow). Behandelt man das Gewebe der Nebennieren mit sehr verdünnter Salzsäure, so färbt sich die abfiltrirte klare Lösung bei Zusatz von überschüssigem Ammoniak schön roth; nach dem Verdunsten des überschüssigen Ammoniaks wird die Lösung wieder farblos (Seligsohn). Bei der Behandlung mit schwefelsaurem Kupfer und Kali nimmt der Nebennierensaft eine schön violette Färbung an.

Nach den Beobachtungen von Holm würden die Nebennieren zunächst nur ein Chromogen enthalten, welches durch Oxydation in den Farbstoff übergeht. Der Farbstoff soll unlöslich in Weingeist, Aether, Chloroform, Schwefelkohlenstoff und Benzol, leicht löslich in angesäuertem Wasser sein. Seine sauren Lösungen sind gelb, lassen aber auf Zusatz von Ammoniak den Farbstoff wieder in violetten Flocken niederfallen.

Leucin wurde in den Nebennieren von Virchow und Neukomm aufgefunden, von Seligsohn und Holm aber vergeblich gesucht.

In dem alkoholischen Extracte der Hammelsnebennieren fanden Cloëz und Vulpian Chlorkalium in grösserer Menge, dann Hippur-

säure und Taurocholsäure. Virchow erinnerte daran, dass dieser Befund, insoferne er sich auf die Taurocholsäure bezieht, möglicherweise von einer Imbibition aus der Gallenblase und Leber herrühren könne; doch sah er gleichfalls mit dem Extracte menschlicher Nebennieren die Pettenkofer'sche Reaction eintreten.

In dem alkoholischen Auszuge der Nebennieren des Ochsen fand Seligsohn Chloralkalien und Benzoësäure (constatirt durch Löslichkeitsverhältnisse, mikroskopische Krystallform und Sublimationsfähigkeit).

Die von den Krystallen befreite Lösung wurde unter Kreidezusatz verdampft, der Rückstand mit verdünntem Alkohol heiss extrahirt, das Extract endlich mit verdünnter Säure gekocht, um etwa vorhandene Taurocholsäure in Choloidinsäure und Taurin zu zerlegen. Die so erhaltene krystallinische Masse löste sich unter Bildung eines, dem Ansehen nach mit Choloidinsäure übereinstimmenden Rückstandes, der aber die Pettenkofer'sche Reaction nicht gab. In der Lösung wurde jedoch ein Schwefelgehalt nachgewiesen und beim Verdunsten derselben schieden sich Taurinkrystalle aus. (So lautet die Angabe Seligsohn's; exacte Beweise fehlen für sämmtliche Angaben. Holm giebt aber ebenfalls an, Taurin gefunden zu haben.)

Bei Digestion menschlicher Nebennieren in höherer Temperatur scheiden sich grosse intensiv gelbe Fetttropfen aus, in denen bei gewöhnlicher Temperatur Palmitin krystallisirt. Myelin findet sich ebenfalls reichlich in der Medullarsubstanz und steht die Menge nicht im Verhältnisse zu den vorhandenen Nervenfasern (Virchow).

Lungen.

Literatur: Frerichs u. Städeler: a. a. O. — Oidtmann: a. a. O. — Neukomm: a. a. O. — Cloëtta: a. a. O. — Bödeker: Ann. d. Chem. u. Pharm. CXVII, 118. — W. Kühne: a. a. O. — Kussmaul (Schmidt): Arch. f. klin. Med. II, 89. — C. W. Schmidt: Ueber anorg. Bestandth. des Lungengewebes und der Bronchialdrüsen. Dissert. Freiburg i. Br. 1865. — Grübler: Ber. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. math.-naturwissensch. Classe. Sitz. v. 16. Juni 1875. — Abeles: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876, Nr. 5.

Lungen.

In dem Lungengewebe hat man folgende Stoffe nachgewiesen:

Wasser, — Albumin, — Traubenzucker, — Glykogen, — Inosit, — Leucin, — Taurin, — Tyrosin, — Harnsäure, — Guanin, — Harnstoff, — Lecithin, — Oxalsäure.

Inosit, Harnsäure, Taurin und Leucin wurden von Cloëtta in den Ochsenlungen aufgefunden. Letzteres wurde von Abeles auch in den Hundelungen aufgefunden.

Traubenzucker, und zwar in grosser Menge, fand W. Kühne in den beiden Lungen eines unter den Erscheinungen rechtseitiger Lungeninfiltration gestorbenen Diabetikers; in der rechten, pneumonisch infiltrirten ausserdem auch etwas Glykogen. In den Lungen des Hundes fand Grübler Harnsäure, Guanin, Leucin, Inosit. Die Gegenwart von Xanthin und Hypoxanthin blieb zweifelhaft, Taurin und Tyrosin wurden vergeblich gesucht. In drei Fällen von Pneumonie mit eitriger Infiltration fand W. Kühne ebenfalls beträchtliche Mengen von Glykogen und Zucker.

Leucin und Tyrosin wies Neukomm in den menschlichen Lungen bei verschiedenen Krankheiten nach, besonders reichlich bei einem Fall von Anämie; doch Tyrosin keineswegs constant. Auch Inosit und Harnsäure fand er in menschlichen Lungen.

Harnstoff (wenig) und Oxalsäure wurden neben Inosit von Neukomm in den Lungen eines an Brightischer Krankheit verstorbenen Menschen aufgefunden. Ammoniaksalze sind häufig, aber nicht constant nachgewiesen.

Ueber die anorganischen Bestandtheile des Lungengewebes sind von C. W. Schmidt (Kussmaul) Untersuchungen angestellt. Wir heben aus den Analysen einige heraus:

In 100 Gewthln. Asche	Normale menschliche Lunge	Normale menschliche Lunge, anämisch	Emphysematische menschliche Lunge	Tuberkulöse menschliche Lunge	Pneumonische menschliche Lunge	Normale Hundelunge
Chlornatrium . .	13·0	16·0	26·46	18·10	29·70	8·5
Kali	1·3	—	1·40	2·00	3·56	3·9
Natron	19·5	16·5	12·90	11·30	—	12·3
Kalk	1·9	1·9	0·63	3·28	2·10	4·9
Magnesia	1·9	1·3	1·20	1·65	1·00	1·0
Eisenoxyd	3·2	6·6	5·50	5·40	5·50	2·9
Phosphorsäure . .	48·5	39·6	43·82	45·80	45·46	51·5
Schwefelsäure . .	0·8	0·8	0·90	0·55	2·50	—
Sand	13·4	17·3	4·22	9·50	6·01	14·3

Der Aschengehalt der Lungen schwankte zwischen 2 bis 6·68 Proc. (der getrockneten Lunge). Aus den vorstehenden Analysen ergiebt sich, dass der vorwiegende Bestandtheil der Lungenasche Phosphorsäure ist, und dass sie drei- bis viermal mehr beträgt, wie in der Blutasche; der absolute Gehalt für beide menschliche Lungen wurde zwischen 2 und 7 g

gefunden. Es ist wahrscheinlich, dass der grösste Theil desselben in den Lungen in organischer Verbindung (Lecithin?) enthalten ist.

Eine ähnliche Zusammensetzung zeigt die Asche der Bronchialdrüsen.

Thymusdrüse.

Literatur: Frerichs u. Städeler: a. a. O. — v. Gorup-Besanez: a. a. O. — Scherer: Ann. d. Chem. u. Pharm. CVII, 314. — Friedleben: Die Physiologie der Thymusdrüse. Frankf. a. M. 1858.

Thymusdrüse.

In der Thymusdrüse theils von Menschen, theils von Thieren wurden nachgewiesen:

Wasser, — lösliche Albuminstoffe, — Collagen, — Elastin, — Fette, — Leucin, — Hypoxanthin, — Xanthin, — Ameisensäure, — Essigsäure, — Bernsteinsäure, — Milchsäure (gewöhnliche), — Zucker (?), — anorganische Stoffe: Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Phosphorsäure, Chlor und Schwefelsäure, endlich Ammoniaksalze.

Collagen, Elastin und Fette, sowie ein Theil der anorganischen Salze gehören dem Gewebsgerüste der Drüse an, die übrigen Stoffe dem Drüsensafte.

Von diesen wurde Leucin von mir und von Städeler und Frerichs in der Thymus des Kalbes nachgewiesen; ebenso fand ich darin xanthinähnliche, damals noch unter dem Namen Hypoxanthin aufgeführte Körper. Scherer zeigte später, dass in der Thymusdrüse *Xanthin* und Hypoxanthin vorkommen, welche Stoffe er trennen lehrte.

Ameisensäure, Essigsäure, Milchsäure und Bernsteinsäure wurden von mir ebenfalls in der Thymusdrüse des Kalbes nachgewiesen.

Zucker will Friedleben in der Thymusdrüse gefunden haben; dagegen wird das von Frerichs und Städeler beobachtete Vorkommen von Ammoniaksalzen in der frischen Thymusdrüse von Friedleben in Abrede gestellt.

Der Saft der frischen Thymus reagirt meist sauer, seltener alkalisch oder neutral.

Quantitative Verhältnisse.

Quantitative Verhältnisse. Friedleben hat einige quantitative Bestimmungen mit der Thymusdrüse vorgenommen; da aber die in Anwendung gezogenen Methoden theilweise ganz unrichtig und ungenau waren, so heben wir nur diejenigen Resultate hervor, die auf besserer Grundlage fussen.

Bestimmungen des Glutins resp. leimgebenden Gewebes, des löslichen Albumins und des Fettes in der Thymusdrüse des Rindes in verschiedenen Altersperioden, ergaben folgende Zahlen:

In 100 Theilen	Kalb von 3 Wochen	Rind von 18 Monaten	Embryo von 5 Monaten
Albumin	12·294	11·555	—
Glutin	2·547	3·030	—
Fett	1·375	16·807	1·872

Friedleben bestimmte ferner das Verhältniss der Gesammtasche der Thymus, der Alkalisalze und der Erdphosphate in verschiedenen Altersperioden und erhielt nachstehende Resultate:

Alter des Thieres	Thymusasche in g	Erdphosphate in g	Alkalisalze in g	Procente der Erdphosphate	Procente der Alkalisalze
Embryo von 5 Monaten .	0·032	0·002	0·030	6·250	93·750
Kalb von 10 Tagen . . .	0·740	0·131	0·609	17·702	82·298
Kalb von 3 Wochen . .	1·487	0·452	1·033	30·428	69·572
Rind von 12 Monaten .	1·348	0·246	1·102	18·259	81·741
Rind von 15 Monaten . .	1·217	0·170	1·048	13·992	86·008
Kuh von 18 Monaten . .	1·207	0·053	1·154	4·391	95·609
Kuh von 2 Jahren . . .	0·348	0·005	0·343	1·430	96·570

Hieraus ergiebt sich eine allmähliche Zunahme der Erdphosphate mit zunehmendem Wachsthum des Thieres, sowie eine allmähliche Abnahme derselben gegen den Zeitpunkt der Thymusinvolution.

Unter den Alkalisalzen der Thymusasche wiegen die Kaliumsalze über die Natriumsalze vor. Friedleben fand den Kaligehalt ziemlich constant für alle Lebensperioden, zwischen 31·8 bis 32·8 Proc. liegend, während das Natron beim Kalbe von 10 Tagen bis 3 Wochen 16 Proc., bei den Rindern von 12 bis 18 Monaten 23 bis 24 Proc. betrug.

Der wässerige Auszug der Thymusdrüse des Kalbes hinterlässt eingeäschert eine Asche, welche sich beinahe vollständig in Wasser löst und sehr viel Kalium, Phosphorsäure als Pyrophosphorsäure, ferner Chlor, Natrium, nebst geringen Spuren von Magnesium und Schwefelsäure ent-

hält. In einem Falle wurde das Verhältniss des Kalis zum Natron 2·18 : 0·60, in einem zweiten 9·95 : 3·21 gefunden. Die Mengen der Phosphorsäure verhielten sich zu denen des Chlors in einem Versuche wie 23·25 : 14·34 (Gorup-Besanez). Nach Friedleben überwiegt in der Thymusdrüse der Kalk die Bittererde; ich fand in einem Falle das Verhältniss umgekehrt, doch hat sich Friedleben zur Bestimmung des Kalks und der Bittererde einer unrichtigen Methode bedient, so dass seine Angaben keine Beweiskraft beanspruchen dürfen.

Thyreoidea, Speicheldrüsen, Lymphdrüsen, Hoden.

Literatur: Frerichs u. Städeler: a. a. O. — v. Gorup-Besanez: a. a. O. — Städeler: a. a. O. — W. Kühne: a. a. O. — Dareste: Compt. rend. 1872. LXXIV, 130. — Sertoli: Gaz. med. veterinaria. Am. III, 32. — Treskin: Arch. f. Physiol. V, 122.

Darin nachgewiesene Bestandtheile.

Ueber die Chemie dieser Drüsen besitzen wir nur spärliche Notizen.

In der Thyreoidea des Ochsen wurden gefunden: Leucin (Frerichs u. Städeler, Gorup-Besanez), — Hypoxanthin und Xanthin (Gorup-Besanez, wenigstens xanthinähnliche Körper), — flüchtige Fettsäuren, — Milchsäure, — Bernsteinsäure (Gorup-Besanez).

In den Parotiden und Submaxillardrüsen des Ochsen: Leucin, — in den Parotiden und Sublingualdrüsen derselben Thiere, xanthinähnliche Körper (Städeler).

In den Lymphdrüsen von Menschen und Thieren: Leucin und sehr wenig xanthinähnliche Körper.

In den Hoden des Hundes fand W. Kühne Krystalle, die möglicherweise Kreatin waren, fernerhin Glykogen unmittelbar nach der Castration. Dareste giebt an, in den Zellen, welche die Samencanälchen des Vogelhodens auskleiden, kleine Körnchen von allen Eigenschaften der Stärkekörner gefunden zu haben; dieselben, höchstens von 0·005 mm Diam. sollen auch im Hoden anderer Thierclassen vorkommen, aber überhaupt fast ganz verschwinden, sobald sich Spermatozoen im Hoden entwickeln. Treskin, welcher die Hoden vom Stier, Rehbock, Ziegenbock und Hunde untersuchte, fand darin Leucin, Tyrosin, Kreatin (zuweilen auch Kreatinin), Inosit, Lecithin, Cholesterin, Fette, Phosphorsäure in Verbindung mit organischer Substanz (Glycerinphosphorsäure?), endlich eine nicht näher studirte organische Säure, aber weder Glykogen noch Nucleïn, dagegen viel Chlor-

alkalien. Sertoli erhielt durch Extraction des Hodens vom Rinde, Ziegenbocke, Hunde und Esel mit Wasser, zweiprocentiger, und mit gesättigter Kochsalzlösung verschiedene Eiweisskörper.

In der Hodensubstanz soll sich ferner ein Stoff finden, der rascher wie Caseïn, Fibrin und Leim, Mannit und Glycerin in gährungsfähigen Zucker verwandelt (Berthelot).

Ueber den Gehalt verschiedener Drüsen an Wasser, organischen und anorganischen Stoffen bei verschiedenen Thieren hat Oidtmann zahlreiche Versuche angestellt. Die auf die Leber und Milz des Menschen bezüglichen Resultate haben wir bereits weiter oben mitgetheilt. Die weiteren Resultate stellen wir übersichtlich zusammen.

Wasser- und Aschengehalt mehrerer Drüsen.

Thiere	Organe	In 100 Theilen		
		Wasser	Organische Stoffe	Anorganische Stoffe
Kaninchen	Leber	56·052	43·135	0·812
	Milz	67·875	31·609	0·516
	Niere	59·011	40·403	0·585
Junger Hund	Leber	79·275	19·829	0·896
	Milz	84·461	14·942	0·597
	Niere	80·950	18·616	0·434
	Nebenniere	80·028	19·882	0·090
	Pankreas	77·210	22·422	0·368
Alter Hund	Leber	63·276	35·985	0·739
	Milz	74·146	24·268	1·586
	Niere	75·504	23·218	1·278
	Pankreas	49·043	49·880	1·077
	Thyreoidea	68·661	30·281	1·058
	Speicheldrüsen	79·030	20·456	1·514
Stör	Leber	81·816	16·968	1·216
	Milz	82·965	16·017	1·018
Karpfen	Leber	78·288	20·370	1·342
	Milz	82·815	15·604	1·581
	Niere	81·637	17·010	1·353
14 Tage altes Kind	Leber	74·140	24·789	1·071
	Milz	77·683	21·408	1·509
	Niere	77·823	21·477	0·700
	Lunge	79·605	19·819	0·576
	Thymus	80·706	19·274	0·020
	Thyreoidea	77·206	22·346	0·448
	Pankreas	75·900	23·730	0·370
Alte Frau	Leber	80·631	18·651	0·718
	Milz	80·866	18·331	0·082
	Niere	81·094	17·916	0·099
	Pankreas	74·533	24·577	0·950
	Thyreoidea	82·244	17·664	0·092
	Inguinaldrüsen	71·432	28·452	0·116

Aus diesen Zahlen ergiebt sich im Allgemeinen, dass der Aschengehalt der Drüsen mit dem Lebensalter des Individuums durchschnittlich steigt, während der Wassergehalt zu dem Alter und dem Grade der körperlichen Ausbildung des Organismus in umgekehrtem Verhältnisse steht. Untersuchungen der Thymus von Hunden ergaben Friedleben ebenfalls eine stetige Abnahme des Wassergehaltes von der Geburt an.

VIII. Chemie des Eies.

Literatur: C. G. Lehmann: Lehrb. der phys. Chemie. 2te Aufl. Bd. II, S. 305. — Derselbe: Zoochemie. S. 279, 546, 658, 693, 694. — Prout: Phil. Trans. 1822. S. 377. Schweigger's Journ. LXVIII, 60. — Gobley: Compt. rend. XXI, 766; Journ. de phys. et de chim. 3. Sér. XI, 409; XII, 513; Journ. de chim. méd. VI, 67. — Valenciennes u. Fremy: Journ. de chim. et de pharm. 3. Sér. 1854. XXVI. — Radlkofer: Ueber Krystalle proteïnartiger Körper. Leipzig 1859. — Baudrimont u. Martin St. Ange: Annal. de chim. et de phys. 3. Sér. XXI, 195. — Prévost u. Dumas: Annat. des sciences naturelles. IV, 47. — F. W. Burdach: De commutat. subst. prot. in adipem. Dissert. Regiom. Prussor. 1853. — Hoppe-Seyler: Handb. d. phys. u. path. chem. Analyse. 4te Aufl. Berlin 1875. — W. Wicke: Annal. d. Chem. u. Phys. CXXV, 78. — Parke: Med. chem. Untersuch. v. Hoppe-Seyler II, 209. — Dareste: Compt. rend. LXVI, 1125. — Städeler: Zeitschr. f. Chem. 1867. S. 415. — Hoppe-Seyler: Med. chem. Untersuch. II, 1867. S. 215. — Miescher: Ebėnda IV, 502. — Diakonow: Med. chem. Untersuch. v. Hoppe-Seyler II, 221. — Hilger: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. VI (1873), S. 165. — Voit: Münch. akad. Sitzungsber. 1871. (Math. phys. Cl.) S. 87. — G. L. Schenk: Wien. akad. Sitzungsber. 1873. LXVIII, 1. Abth. — Calvert: Compt. rend. LXXVII, 1024. — Ph. Zöller: Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1874. Nr. 18.

Einem genaueren Studium sind nur die Eier der Vögel, der Fische und einiger Reptilien unterworfen; die nachstehenden Angaben beziehen sich daher, wenn nicht ausdrücklich ein Anderes bemerkt ist, nur auf diese.

Eier der Vögel.

Eier der Vögel.

Das Ei der Vögel als Ganzes, so wie es gelegt ist, betrachtet, besteht aus dem Dotter (Vitellum, Eigelb), dem Weissen des Eies (Albumen) und der Eischale.

Eidotter.

Der Eidotter stellt eine Emulsion dar, in welcher gewisse Bestandtheile wirklich gelöst, andere aber nur suspendirt sind. Im Allgemeinen

ist er ein zähes, dickes, kaum durchscheinendes Liquidum, welches eine gelbe bis gelbrothe Färbung, keinen Geruch, einen wenig ausgesprochenen milden Geschmack besitzt, alkalisch reagirt und mit Wasser eine weisse emulsive Flüssigkeit bildet.

Form-elemente desselben.

Die im Dotter suspendirten Formelemente sind, ausser dem Keimbläschen, Dotterkügelchen, feine Körnchen und Fetttropfen. Die Dotterkügelchen sind von einer Hülle umgeben, die einen hauptsächlich aus Fetten bestehenden Inhalt umschliesst.

Chemische Bestandtheile des Eidotters.

Chemische Bestandtheile.

Dieselben sind meistentheils ebenso wenig genau gekannt, wie jene des Gehirns, mit welchen sie mehrfache Aehnlichkeit zeigen. Man hat nachgewiesen:

Wasser, — einen eigenthümlichen Eiweisskörper: Vitellin, — Hüllensubstanz der Dotterkügelchen (wahrscheinlich ein Albuminat), — Fette: Palmitin und Oleïn, — Cholesterin, — Lecithin und seine Zersetzungsproducte: so namentlich Glycerinphosphorsäure, — Traubenzucker, — Pigmente, und zwar vorzugsweise gelbe, von welchen eines eisenhaltig und dem Blutfarbstoff analog sein soll, beide auch wohl unter der Bezeichnung Luteïn zusammengefasst, — anorganische Salze und zwar dieselben, wie jene des Blutes, in ähnlicher Vertheilung wie jene der Blutkörperchen (Kalium und Phosphorsäure überwiegend).

Allgemeines chemisches Verhalten des Dotters.

Cerebrin und Glykogen, welche von Einigen als Bestandtheile des Hühnereies angegeben werden, sind mit Bestimmtheit ebenso wenig nachgewiesen, wie Amylum, welches Dareste im Eidotter gefunden haben will.

Eine dem Nucleïn aus Eiterzellen ähnliche Substanz ist nach den Beobachtungen von Miescher ein Bestandtheil der Kerne der Dotterzellen des Hühnereies. Von diesen Bestandtheilen gehören die Fette wohl ausschliesslich den Dotterkugeln an; dasselbe gilt von dem Lecithin und seinen Zersetzungsproducten.

Schüttelt man Dottermasse mit Aether aus, so nimmt der Aether zunächst Fett, Cholesterin, Lecithin und Pigmente (Luteïn) auf, und der nun resultirende farblose milchige Rückstand, mit einer Mischung von 1 Vol. concentrirter Kochsalzlösung und 2 Vol. Wasser behandelt und filtrirt, giebt ein schwach opalisirendes Filtrat, das in viel Wasser getropft, einen starken weissen Niederschlag liefert: einen dem Myosin sehr ähnlichen Eiweissstoff, wie dieser löslich in Kochsalzlösung und sehr verdünnter Salzsäure, nicht fällbar aber aus seiner Lösung durch gepulvertes Kochsalz und noch etwa 25 Proc. Lecithin enthaltend. Nach Hoppe-Seyler ist dieser Körper: sein Vitellin (vergl. S. 123) als ein den Globulinen, dem Ichthin etc., analoger Atomcomplex zu betrach-

ten, welcher sich unter der Einwirkung gewisser Agentien in wirkliche Eiweissstoffe und Lecithin spaltet.

Wird der entfettete Dotter durch Auskochen mit Alkohol von Lecithin befreit, so bleibt nach dem Verdunsten ein pulveriger Rückstand, der nach abermaliger Extraction mit Wasser, Alkohol und Aether sich dem Nucleïn der Eiterzellen sehr ähnlich verhält und reich an Stickstoff und Phosphor ist; er soll der Inhalt der weissen Dotterkugeln sein und die Kerne der als Zellen gedeuteten Dotterelemente darstellen (Miescher, His).

Wird nicht coagulirter Dotter von Hühnereiern mit Aether geschüttelt, so gehen Pigmente und Fett in Lösung und man erhält beim Verdunsten eine gelbgefärbte Fettmasse. Verseift man dieselbe mit 5procentiger Natronlauge, so kann man der Seife durch Aether allen Farbstoff entziehen. Beim Verdunsten des Aethers bleibt eine goldgelbe fettähnliche Masse, welche die grösste Aehnlichkeit mit dem hämatoidinhaltigen Fett der Eierstöcke zeigt (vergl. S. 194). Beim Zerreiben mit wenig concentrirter Salpetersäure wird sie rein blau; in Aether und Chloroform löst sie sich mit goldgelber Farbe (Städeler, Hoppe-Seyler).

Eieröl.

Das Eieröl, so wie es in der Pharmacie früher durch Rösten des Eidotters und Auspressen dargestellt wurde, ist rothgelb, dickflüssig, in der Kälte erstarrend, und wird rasch ranzig. Lecanu fand in demselben Cholesterin, oder wenigstens ein dem Cholesterin sehr ähnliches unverseifbares Fett.

Traubenzucker fand Lehmann constant im Dotter unbebrüteter Hühnereier.

Nach Lehmann's Angabe endlich sind im Dotter auch freie Gase enthalten.

Chemische Bestandtheile des Albumens.

Albumen.

Das Weisse der Vogeleier: Albumen, ist als eine concentrirte Lösung von Eieralbumin nebst anhängenden Fetten, Extractivstoffen und Salzen zu betrachten, welche ähnlich wie die Glasflüssigkeit des Auges in feinen texturlosen, das Albumen nach allen Richtungen durchziehenden Membranen eingeschlossen ist; dies bedingt die Erscheinung, dass das Albumen nach vorsichtiger Entfernung aus dem Ei noch eine ziemlich cohärente Masse darstellt.

Ausser diesen Membranen kommen dem Albumen eigenthümliche Formelemente nicht zu. Zuweilen beobachtet man bei der mikroskopischen Untersuchung Aggregate höchst feiner Nadeln, die Lehmann für Palmitin hält.

Chemische Bestandtheile.

Die im Weissen des Eies nachgewiesenen chemischen Bestandtheile sind folgende:

Wasser, — Eieralbumin, — geringe Mengen von Fett: Palmitin, Oleïn und Seifen: ölsaures und palmitinsaures Natrium, —

Traubenzucker, — Extractivstoffe, — anorganische Salze, und zwar dieselben wie jene des Blutes, aber in ähnlicher Vertheilung wie im Blutserum (Chlor- und Natriumverbindungen, überhaupt lösliche Salze überwiegend).

Nach Nicklès kommen zu diesen Bestandtheilen auch noch Spuren von Fluor, nach C. G. Lehmann: kohlensaure Alkalien und freie Gase.

Allgemeines chemisches Verhalten.

Wenn man Albumen bis zur Temperatur des gerinnenden Albumins erwärmt, so verwandelt es sich in eine festweiche, weisse, undurchsichtige homogene Masse (Hartkochen der Eier); versetzt man es mit Wasser, so mischen sich die beiden Flüssigkeiten anfänglich nicht, mischt man aber innig durch Umrühren mit einem Glasstabe oder Schütteln, so scheiden sich reichlich Flocken ab, die die Flüssigkeit oft ganz undurchsichtig machen und sich allmählich als ein leichtes, flockiges, halbdurchsichtiges Sediment absetzen; diese Flocken bestehen aus den in Wasser unlöslichen Membranen des Albumens und aus alkaliarmem Albumin, welches durch die Verdünnung mit Wasser sich bildet und als darin unlöslich sich abscheidet, während ein alkalireicheres Albumin in Lösung geht. Erst nach Abscheidung dieser Flocken wird die Eiweisslösung filtrirbar. Durch Schütteln mit Aether bildet sich ein reichlicher weisser Niederschlag. Leitet man Kohlensäure durch Hühnereiweisslösung, so bilden sich nur einzelne Fasern und Häutchen. Injicirt man Hühnereiweiss in die Venen oder unter die Haut, so erscheint Eieralbumin bald unverändert im Harne, während Serumalbumin nicht in den Harn übergeht.

Extrahirt man getrocknetes Albumen mit Aether, so erhält man zuweilen eine licht-himmelblaue Lösung; das nach dem Verdunsten des ätherischen Auszuges zurückbleibende Fett besteht aus Oleïn und Margarin; alkoholhaltiger Aether zieht aus dem Albumen diese beiden Neutralfette, ausserdem aber auch ölsaures und palmitinsaures Natrium aus.

Traubenzucker ist ein constanter Bestandtheil auch des Albumens.

Eischale der Vögel und Amphibien.

Die Schale der Eier der Vögel, ebenso auch jene der Amphibieneier, besteht vorzugsweise aus Calciumcarbonat, mit geringen Antheilen von Magnesiumcarbonat, Calciumphosphat, Spuren von Eisenphosphat und organischer Materie. Die verschiedene Färbung der Vogeleier scheint wenigstens häufig von verändertem Gallenpigment herzurühren, welches die Eier erst in der Cloake aufnehmen.

Die Bildung der kalkigen Eierschale erfolgt bei den Vögeln im Eileiter, dessen unterer Theil eine stark muskulöse Erweiterung darstellt. Die Schleimhaut dieser Erweiterung sondert eine weisse, milchige, kalkreiche Flüssigkeit ab, welche zur Kalkschale wahrscheinlich in der Form mikroskopischer, durch ein organisches Bindemittel vereinigter Kalkkrystalle erstarrt. Bei Krappfütterung sollen die Schalen der Hühnereier roth gefärbt sein (Paolini).

Wenn die Eier gewaltsam im Eileiter der Vögel zurückgehalten werden, so vervielfältigt sich die Schalenschicht und es entstehen die monströsen Eier. Bei mangelndem Kalkgehalt der Nahrung dagegen kommt es gar nicht zur Bildung einer Kalkschale (Windeier).

Eier der Fische und Amphibien.

Die Eier der Fische und Amphibien bieten manche abweichende Erscheinungen dar. Vor Allem weist in dem Dotter derselben das Mikroskop die sogenannten Dotterplättchen nach, wie Radlkofer gezeigt hat, wahre doppeltbrechende Krystalle, aber von verschiedener Gestalt und chemischem Verhalten bei verschiedenen Thierspecies und zu verschiedenen Perioden der Entwickelung.

Dotterplättchen.

Wir haben die Formen der Dotterplättchen verschiedener Fische und Amphibien, sowie die Gründe, welche einerseits für ihre Krystallnatur und andererseits für ihren chemischen Charakter als Eiweisskörper sprechen (Virchow, Radlkofer), bereits Seite 124 erörtert und daselbst auch die chemischen Eigenschaften der von Valenciennes und Fremy unter dem Namen Ichthin, Ichthidin, Ichthulin und Emydin beschriebenen Bestandtheile der Dotterplättchen verschiedener Thiere angeführt.

Die Eier verschiedener Knorpelfische (Rochen, Zitterrochen und Hai) führen in dem Albumen kaum Spuren von Albumin; das Gelbe: der Dotter, besteht aus einer albuminösen Flüssigkeit, die Albumin, Ichthin, ein phosphorhaltiges Oel und anorganische Salze, namentlich Chlorverbindungen und phosphorsaure Salze enthält (Valenciennes u. Fremy). In den Eiern von *Raja quadrimaculata* innerhalb der Eileiter fand Schenk eine Eischale, aus stickstoffhaltiger Keratinsubstanz bestehend, mit 2·73 Proc. Aschenbestandtheilen (Kalium, Natrium, Schwefelsäure und Phosphorsäure enthaltend), eine flüssige Gallerte zwischen Eischale und Ei, sich gegen die Reagentien auf Eiweisskörper negativ verhaltend, und Dotter, aus feinkörnigem Protoplasma bestehend.

Die Eier der Knochenfische ändern ihre Zusammensetzung während sich das Ei im Eileiter befindet. Das noch am Eierstock befestigte Ei enthält kaum Spuren von Albumin, das im Eileiter befindliche ist reich daran. In den Eiern der Karpfen ist neben Fett Ichthidin, und bei den in der Entwickelung begriffenen Eiern des Karpfen und vieler anderer Fische Ichthulin enthalten. Nach Gobley's Untersuchungen dagegen zeigen die Karpfeneier grosse Uebereinstimmung mit dem Eigelb der Hühnereier und fand er darin dieselben Bestandtheile wie in letzteren; das Vitellin der Karpfeneier bezeichnet er als Paravitellin. Bei dem Kochen der Karpfeneier mit Wasser erhält man eine saure Flüssigkeit, die auf Zusatz von Weingeist noch saurer wird.

Die Eier der Schildkröten zeigen nach Valenciennes und Fremy grosse Aehnlichkeit mit denen der Knorpelfische. Sie haben wenig Albumen, mit einem sehr geringen Gehalt an Albumin, in dem Dotter dagegen viel Albumin, ein phosphorhaltiges Oel und Emydin

Den Dotter der Eidechseneier fanden sie sehr ähnlich dem der Vogeleier.

In den Eiern der Ringelnatter (*Coluber Natrix*) fand Hilger einen dem Myosin ähnlichen Eiweisskörper von dem Verhalten des Vitellins von Hoppe-Seyler, Lecithin und Zersetzungsproducte desselben, Cholesterin, Eieralbumin, Alkalialbuminat und Fett. Von Mineralbestandtheilen: Phosphate, Chloride und Sulfate der Alkalien. Als Bestandtheile der Schale: Calciumcarbonat, Calciumphosphat, Calciumsulfat, Spuren von Kieselsäure und Eisen, aber keine Magnesia. Ausserdem als Bestandtheil der Schale und der Dottermasse einen dem Elastin am nächsten kommenden stickstoffhaltigen, aber schwefel- und phosphorfreien Körper (vergl. S. 140).

Eigenthümliches Pigment der Eier der Krebse und Hummern.

Die Eier der Krebse und Hummern enthalten bereits den in den Schalen dieser Thiere vorkommenden Farbstoff, welcher die Ursache ihrer rothen Färbung beim Sieden ist. Aus den frischen Eiern des Hummers, die beim Erhitzen eine schön rothe Färbung annehmen, gewannen Valenciennes und Fremy einen unkrystallisirbaren, in Wasser unlöslichen Farbstoff, der beim Trocknen, bei der Behandlung mit Alkohol und wasserentziehenden Salzen, selbst schon beim Reiben roth wird. In den Eiern selbst scheint er im Albumen gelöst zu sein und schlägt sich beim Verdünnen der zerdrückten Eier mit Wasser als eine grüne harzartige Masse nieder.

Quantitative Verhältnisse.

Quantitative Verhältnisse. Analysen des Eigelbs der Hühner- und Karpfeneier wurden von Gobley und Parke ausgeführt; Analysen des Albumens vom Hühnerei von C. G. Lehmann, Analysen endlich der Asche von Albumen und Dotter des Hühnereies von Poleck und Weber. Wir stellen die Resultate der Analysen Parke's des Hühnereidotters tabellarisch zusammen. Die Analysen Gobley's entsprechen dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft nicht mehr.

Analysen des Eidotters.

In 100 Theilen Dotter vom Hühnerei	A. Frischer Eidotter	B. Am 10. Tage der Bebrütung	C. Am 17. Tage der Bebrütung
Wasser	47·192	57·308	44·787
Feste Stoffe	52·808	42·692	55·213
Eiweissstoffe	15·626	14·201	13·942
Aetherextract	31·391	23·542	35·417
Alkoholextract	4·826	4·039	4·516
Lösliche Salze	0·353	0·287	0·430
Unlösliche Salze	0·612	0·623	0·908

Für Cholesterin fand Parke in A. 1·750, in B. 1·281 und in C. 1·461 Proc. Die im Aether- und Alkoholextracte gefundene Phosphorsäure berechnete er (was natürlich nicht zutreffend ist) auf Protagon und fand so für A. 27·453, für B. 21·528 und für C. 27·343 Proc., und so erhielt er denn nach dieser Berechnung aus dem Alkoholextracte einen Gehalt an sogenanntem Protagon, der viel mehr beträgt, wie das Gewicht des ganzen Auszuges. Hoppe-Seyler ist der Meinung, dass ein Theil des Phosphors der erhaltenen Phosphorsäure einem aus dem Vitellin sich abspaltenden phosphorhaltigen Körper angehöre.

Gobley fand im Dotter der Karpfeneier 64·080 Proc. Wasser, 14·060 Proc. Eiweissstoffe, 2·574 Proc. Palmitin und Olein, 0·266 Proc. Cholesterin, 3·045 Proc. Lecithin; den Gehalt an Wasser, festen Stoffen und Vitellin für den Hühnereidotter sehr annähernd den Werthen von Parke für B.

Aus einem Dotter erhielt Miescher 0·2 bis 0·3 g seines Nucleïns, und würden von den 15 Procent dem Dotter zugeschriebener Eiweisskörper wenigstens 1 bis $1^1/_2$ Proc. Nucleïn in Abrechnung zu bringen sein.

Für das Albumen aus Hühnereiern wurden nachstehende Zahlen gefunden:

Analysen des Albumens.

In 100 Theilen	Albumen.			
	Lehmann	Bostock		J. Davy
		I.	II.	
Wasser	86·684	85·001	80·000	87·100
Feste Stoffe	13·316	14·999	20·000	12·900
Albumin	12·274	12·000	11·500	—
Extractivstoffe	0·382	2·700	4·500	—
Fett	—			—
Anorganische Salze	0·660	0·300	—	—

Im getrockneten Hühneralbumen fand Lehmann im Mittel mehrerer Bestimmungen 0·5 Proc. gährungsfähigen Zucker. G. Meissner dagegen fand 8 Proc. Zucker.

Das Verhältniss des Eidotters zum Albumen fand Lehmann 40·3 : 59·7, Prout 32·3 : 67·7 und Poleck 37·3 : 62·7 Proc.

Die Asche des Eidotters und Albumens wurde von Poleck und Weber wie folgt zusammengesetzt gefunden:

Aschenanalysen des Albumens u. Eidotters.

In 100 Theilen Asche	Albumen.			Eidotter.		
	Poleck		Weber	Poleck		Weber
	I.	II.		I.	II.	
Chlorkalium	41·29	42·17	—	—	—	—
Chlornatrium	9·16	14·07	39·30	—	—	9·12
Natron	23·04	16·09	12·09	5·12	6·57	1·08
Kali	2·36	1·15	27·66	8·93	8·05	10·90
Kalk	1·74	2·79	2·90	12·21	13·28	13·62
Bittererde	1·60	3·17	2·70	2·07	2·11	2·20
Eisenoxyd	0·44	0·55	0·54	1·45	1·19	2·30
Freie Phosphorsäure	—	—	—	5·72	—	—
Phosphorsäure	4·83	3·79	3·16	63·81	66·70	60·16
Kohlensäure	11·60	11·52	9·67	—	—	—
Schwefelsäure	2·63	1·32	1·70	—	—	—
Kieselsäure	0·49	2·04	0·28	0·55	1·40	0·62

Die im stumpfen Ende des Hühnereies enthaltene Luft enthält nach Beobachtungen von **Bischoff** im Mittel 23·475 Volumprocente Sauerstoff.

Quantitative Analysen der Eierschalen ergaben nachstehende Zahlen:

Analyse der Eierschalen.

In 100 Theilen	Eischale							
	des Vogeleies						Emys. L. Gmelin.	Alligator sclerops. Brummerstädt.
	Ardea cinerea.	Larus argentatus.	Phasianus colchic.	Anser domest.	Gallus domest.	Anas domest.		
	W. Wicke.							
Calciumcarbonat	94·60	91·96	93·33	95·26	93·70	94·42	55·4	91·10
Magnesiumcarbonat	0·69	9·76	0·66	0·72	1·39	0·50	—	2·33
Calciumphosphat / Magnesiumphosphat	0·42	0·83	1·37	0·47	0·76	0·84	7·3 / —	0·54
Organische Materie	4·30	6·45	4·64	3·55	4·15	4·24	37·3	5·09
Wasser	—	—	—	—	—	—	—	1·36

Die Eier enthalten alle Bestandtheile zur Gewebs- und Zellenbildung.

So unvollkommen auch unsere Kenntnisse von der chemischen Zusammensetzung der Eier und so wenig exact die Methoden sind, deren man sich zur quantitativen Scheidung der organischen Bestandtheile derselben bedient hat, so grosse Differenzen endlich die nach verschiedenen Methoden ausgeführten Analysen ergeben haben, so gehen doch aus allen diesen Bestimmungen einige wichtige Thatsachen hervor. Es ergiebt sich daraus eine unleugbare Verwandtschaft der chemischen Constitution der Eier und des Gehirns und der Nervensubstanz. So wie in letzteren Geweben, kommen im Eidotter Lecithin, seine phosphorhaltigen Zersetzungsproducte und Cholesterin vor; so wie die Gehirnasche, enthält, worauf wir bereits S. 698 hingewiesen haben, auch die Asche des Eidotters überwiegend phosphorsaure Salze und mehr Kalium als Natrium, sie enthält endlich auch freie Phosphorsäure aus dem Lecithin stammend; die Asche des Eidotters nähert sich ferner, in ihrer quantitativen Zusammensetzung ebenso sehr der Asche der Blutzellen, wie sich jene des Albumens der des Blutserums anschliesst.

Eine weitere Betrachtung der chemischen Zusammensetzung der Eier ergiebt endlich, dass die Eier alle zur Entwickelung der Gewebe des werdenden Thieres nöthigen Stoffe bereits vorgebildet enthalten. Sie führen Eiweisskörper in reichlicher Menge, phosphorsaure Alkalien, Chloralkalien, nicht unbedeutende Mengen von Eisen zur Entwickelung des Blutes, Lecithin und die anorganischen Stoffe zur Entwickelung des Nervensystems, sie sind reich an phosphorsauren Erden, die das Material für die Knochenbildung liefern, sie enthalten endlich Fette, Cholesterin und Zucker, es finden sich mit einem Worte alle jene Stoffe, auch die Kieselerde der Vogelfedern und das Fluor der Knochen, in ihnen repräsentirt, welche zur Entwickelung der Gewebe nöthig erscheinen; namentlich aber scheint dem Ei, vielleicht mit Ausnahme des Cerebrins, keiner jener Stoffe zu fehlen, durch welche die Mischung der Nerven und des Gehirns sich auszeichnet, und es ist daher erklärlich, dass das Nervensystem zu den ersten Bildungen gehören kann, die sich aus dem Dotter entwickeln.

Ueber den Einfluss, welchen gewisse Gase auf die Conservation der Hühnereier ausüben, sind Versuche von Calvert angestellt. Hühnereier mit unversehrter Schale, so wie mit durchbrochener halten sich im Kohlensäuregase unzersetzt. Wasserstoff und Leuchtgas verhalten sich ebenso, nur zeigt sich auf der Oberfläche ein leichter Flaum von Schimmelpilzen. In Stickstoffgas aufbewahrte Eier, lassen immer Schimmelbildungen wahrnehmen. War die Eischale intact, so bleibt der Inhalt unverändert, war sie dagegen durchbohrt, so tritt bald Zersetzung unter Entwickelung von Vibrionen ein. In trockenem Sauerstoffgase halten sich Eier Monate lang unverändert; in feuchtem bedeckt sich die Schale allmählich mit einem dichten Rasen von *Penicillium*, doch bleibt der Inhalt unverändert. Macht man dagegen mit einer feinen Nadel ein Loch in die Schale, so fault der Inhalt unter reichlicher Entwickelung von Kohlensäure- und Stickstoffgas.

Chemische Veränderungen der Eier während ihrer Entwickelung.

Ueber die chemischen Veränderungen, welche die Eier bei ihrer allmählichen Entwickelung erleiden, sind mehrfache Versuche angestellt (Prévost u. Dumas, Prout, Burdach, Baudrimont u. St. Ange, Spallanzani, Prévost u. Morin). Demungeachtet kann man nicht sagen, dass dadurch alle Verhältnisse befriedigend aufgeklärt wären, es bestehen vielmehr noch zahlreiche Lücken und selbst einige Widersprüche.

Gewichtsabnahme des Eies beim Bebrüten.

Eine von allen Beobachtern bestätigte Erscheinung ist die Gewichtsabnahme, welche das Ei bei der Bebrütung erleidet; allein während Prout gefunden haben will, dass die Gewichtsabnahme 8 mal so viel betrage als in gleichen Zeiten bei unbebrüteten Eiern, beobachteten Prévost und Dumas bei bebrüteten und unbebrüteten Eiern innerhalb gleicher Zeiten einen nahezu gleichen Gewichtsverlust und sind die letzteren daher geneigt, die Gewichtsabnahme auch der bebrüteten Eier auf Rechnung einer blossen Verdunstung zu setzen. Dagegen haben Baudrimont u. St. Ange gefunden, dass die in der Luft auskommenden Eier Sauerstoff absorbiren und zugleich Wasser, Kohlensäure, Stickstoff und eine nicht näher untersuchte Schwefelverbindung entwickeln; den Gewichtsverlust der Eier fanden sie aber geringer, als das Gewicht des von ihnen entwickelten Wassers, der Kohlensäure und des Stickstoffs, ja selbst geringer als das Gewicht des Wassers, des Stickstoffs und des Kohlenstoffs in der Kohlensäure; so dass man annehmen kann, der Sauerstoff der letzteren werde aus der Luft entnommen und ausserdem noch Sauerstoff absorbirt. Das Volumen des absorbirten Sauerstoffs ist nahezu eben so gross, als jenes des zur Bildung der Kohlensäure verwendeten, das des entwickelten Stickstoffs etwa halb so gross, als jenes der entwickelten Kohlensäure.

Respiration der Eier.

Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate zweier mit bebrüteten Eiern angestellter Versuche:

1000 Gramm Eier	vom 9ten bis 12ten Tage des Bebrütens g	vom 16ten bis 19ten Tage des Bebrütens g
verloren an Gewicht	26·26	41·72
absorbirten Sauerstoff	5·74	10·70
exhalirten Kohlensäure	4·33	11·92
exhalirten Wasser	2·88	3·66
Proportion zwischen dem absorbirten Sauerstoff und dem Sauerstoff der Kohlensäure	100 : 54·9	100 : 81·0

Auch die unbebrüteten Eier geben fortwährend Kohlensäure und Wasser aus und absorbiren Sauerstoff, dieser Gaswechsel ist aber während der Bebrütung lebhafter; dass dabei Wärmeentwickelung stattfindet, hat Valenciennes nachgewiesen.

Chemische Veränderungen der Eier während des Bebrütens. Versuche von Prout.

Nach Prout bestehen 1000 Thle. frischen Hühnereies aus 106·9 Schale und Eihaut, aus 604·2 Albumen und aus 288·9 Dotter. — Am 8. Tage des Bebrütens hat das Ei um 5 Proc. an Gewicht verloren; das im oberen breiten Ende des Eies befindliche Albumen verändert sich, indem es beim Kochen das Ansehen geronnener Milch annimmt; das Coagulum ist gelblich und enthält ein gelbes Oel, während der unversehrte Dotter an Oel verloren hat. Zu Ende der zweiten Woche hat das Ei um 13 Proc. an Gewicht abgenommen; der Embryo hat an Grösse bedeutend zugenommen und das Albumen ebenso viel verloren. Der Dotter hat an phosphorhaltigen Bestandtheilen abgenommen. Zu Ende der Bebrütung, nach Verlauf der dritten Woche, hat das Ei 16 Proc. an Gewicht verloren. Der Rückstand von Albumen, Membranen und dergleichen beträgt 29·5, der Embryo 555·1, der Dotter 167·7, die Schale (und Verlust!) 247·7 pr. m. Das Albumen ist auf wenig trockene Membranen und einen erdigen Rückstand eingeschrumpft, das Gelbe ist bedeutend vermindert und in die Bauchhöhle des Embryo aufgenommen; die Chlorverbindungen und die Alkalien haben während der ganzen Bebrütung an Menge abgenommen, während die Erdsalze bedeutend zugenommen haben, wie dies aus nachstehender Tabelle hervorgehen würde, welche das Resultat der Aschenanalyse zweier völlig ausgebrüteter Eier, das Gewicht derselben zu 1000 angenommen, enthält. Doch müssen wir von vornherein bemerken, dass diese Analysen, die Richtigkeit der Ausführung und der Methode vorausgesetzt, worüber aber keine Sicherheit gegeben ist, doch immerhin endgültige Schlüsse, wie sie Prout zieht, insoferne kaum begründen können, als er die so erhaltenen Zahlen mit denen vergleicht, die er bei der Analyse zweier frischer unbebrüteter, aber anderer Eier erhalten hatte; es liegt auf der Hand, dass dadurch einer bindenden Schlussfolgerung thatsächlich der Boden entzogen wird.

Prout fand:

In 1000 Theilen	I.					II.				
	Schwefelsäure	Phosphorsäure	Chlor	Kali u. Natron	Kalk- und Bittererde	Schwefelsäure	Phosphorsäure	Chlor	Kali u. Natron	Kalk- und Bittererde
Rückstand vom Albumen u. Häuten	0·04	0·12	0·09	0·23	0·12	0·03	0·13	0·09	0·25	0·12
Thier	0·44	3·02	0·55	2·26	2·58	0·21	2·71	0·68	2·12	2·60
Dotter	0·04	1·06	0·03	0·06	1·26	0·02	1·23	0·06	0·03	1·10
Summa	0·52	4·20	0·67	2·55	3·96	0·26	4·07	0·83	2·40	3·82
Summa derselben in 2 frischen Eiern	0·50	4·01	1·33	3·42	0·98	0·37	4·48	1·32	3·23	0·99

Prout schliesst aus diesen Versuchen, dass der Phosphor des Dotters als Phosphorsäure in der Periode der Ossification zur Knochenbildung verwendet werde, indem er sich mit einer gewissen Menge von Erden vereinigt; da aber während der Bebrütung der Gehalt an Erden nach obigen Versuchen wirklich zunimmt, so kann man nur annehmen, dass das Plus von Erden von der Eischale stamme. Wenn man das aber gelten lassen wollte, so fragt es sich, wohin kommen die Chloralkalien?

Die Antwort auf diese Bedenken und Fragen geben Versuche, welche unter Voit's Leitung von E. Hermann angestellt wurden. Es wurden dazu frisch gelegte Eier von einer und derselben Henne genommen; zwölf davon wurden im unbebrüteten Zustande untersucht; acht erst am 19. Tage der Bebrütung. Das Gewicht der bei 100^0 getrockneten Kalkschalen hatte sich während der Bebrütung nicht geändert und auch nicht ihr Gehalt an anorganischen Stoffen. Wenn man aber nach diesen negativen Ergebnissen auf den ersten Blick meinen sollte, dass unter solchen Verhältnissen eine Entwickelung des Hühnchens unmöglich sei, so giebt Voit zu bedenken, dass man bei jenen Betrachtungen übersah, dass sich das Hühnchen nicht nur aus dem Dotter entwickelt, sondern vielmehr nach und nach auch das Albumen in sich aufnimmt. Die sehr stark alkalisch reagirende Asche des Albumens enthält aber viel mehr freies Alkali wie das Blut und die Milch; die Asche von dem Dotter und dem Albumen des Hühnereies reagirt noch stark alkalisch und schliesst,

wie Voit annimmt, soviel Alkalien und alkalische Erden ein, um mit aller Phosphorsäure Salze mit 2 At. Metall zu bilden. Das Alkali für das Blut stammt demnach aus dem Albumen, und es enthält das Ei alle Bestandtheile zum Aufbau des Embryos. Die Richtigkeit dieser Schlussfolgerungen ergiebt sich schon daraus, dass viele Eier (der Amphibien, der Fische etc.) gar keine Kalkschale besitzen.

Abnahme des Fettgehaltes.

Baudrimont u. Martin St. Ange sowie Prévost u. Morin geben übereinstimmend an, dass sich der Fettgehalt der Eier während der Bebrütung vermindere.

Wir stellen die von Prévost u. Morin erhaltenen Resultate tabellarisch zusammen:

100 Theile Ei	Unbebrütetes Ei	Nach 8 Tagen Bebrütung	Nach 14 Tagen Bebrütung	Nach 3 Wochen Bebrütung
Wasser	72·55	76·74	74·43	78·88
Fett	10·72	9·32	9·46	5·68
Fettfreie Substanz	16·53	13·94	16·09	15·44

Das Gewicht der Eischale blieb fast constant.

Das Verhältniss an fettfreier organischer Substanz, Asche, unlöslichen Phosphaten und löslichen Salzen, im bebrüteten und unbebrüteten Hühnerei fanden Prévost und Morin wie folgt:

In 100 Theilen Ei	Unbebrütete Eier			Bebrütete Eier				
	Albumen	Dotter	Zusammen	Dotter	Dotterhaut	Putamen Chorion u. Amnios	Fötus	Zusammen
Fettfreie Substanz	15·090	15·166	30·156	5·510	4·80	0·420	16·87	27·300
Asche	0·850	0·900	1·74	0·150	0·205	0·040	1·825	2·220
Unlösl. Phosphate	0·130	0·900	1·03	0·145	0·205	0·015	1·059	1·460
Lösliche Salze	0·680	—	0·68	0·005	—	0·025	0·730	0·760

Versuche von Burdach.

Burdach versuchte auf experimentellem Wege die Frage zu beantworten, ob der Fettgehalt der Eier während der Entwickelung auf Kosten der Eiweisskörper zunimmt oder nicht; er ging also von einer Voraussetzung aus, die, den Beobachtungen von Prévost u. Morin zufolge, überhaupt nicht gegeben ist, von der Voraussetzung, dass der Fettgehalt der Eier während der Entwickelung zunehme, während Prévost u. Morin, allerdings nur beim Hühnerei, eine Abnahme des Fettes beobachteten. Burdach aber benutzte zu seinen Versuchen die Eier einer Helixart: Limnaeus stagnalis und zwar solche, bei denen der Furchungsprocess begonnen hatte und solche, bei denen das Thier fast entwickelt war. Alkohol- und Aetherextract, nachdem ersteres durch Wasser von Extractivstoffen und Salzen befreit war, wurden collectiv als Fett berechnet, und aus dem extrahirten Rückstande wurden die anorganischen Bestandtheile bestimmt. Die erhaltenen Resultate waren folgende:

100 Theile getrockneter Eier	Gefurchte Eier		Entwickelte Eier	
	I.	II.	I.	II.
Fett	0·685	0·642	2·181	1·553
Salze	4·050	3·550	6·000	6·620
Eiweisskörper	95·265	95·808	91·819	91·827

Der von Burdach aus seinen Versuchen gezogene Schluss, dass die Fettzunahme der entwickelten Eier auf Kosten der Eiweisskörper erfolge, und dass letztere demnach in Fett übergehen, oder solches bei gewissen Umsetzungen liefern können, scheint durch dieselben doch wohl nicht hinreichend begründet, da einerseits die Zahl der Versuche eine zu geringe, und andererseits die Berechnung der Fette auch keine ganz richtige ist, da der Alkoholextract auch Stoffe enthalten muss, welche nicht zu den eigentlichen Fetten gehören.

Fossile Eier.

Fossile Eier in Guanolagern der Chinchainseln aufgefunden, hatte Zöller zu untersuchen Gelegenheit. Die beiden untersuchten Eier wogen 275·3 g. Die Eisubstanz war homogen, blätterig, krystallinisch und zum grössten Theile in Wasser löslich. Der Stickstoffgehalt betrug 9·45 Proc., grösstentheils auf Ammoniaksalze zurückzuführen, der Schwefelsäuregehalt 16·08 Proc., entsprechend 6·04 Proc. Schwefel. Gefunden wurden weiterhin: freie Phosphorsäure (wohl vom Lecithin stammend), Cholesterin, Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure, Essigsäure, Buttersäure, Valeriansäure, Oxalsäure und Benzoësäure. Harnstoff, Harnsäure und Fette waren nicht nachzuweisen.

Vierter Abschnitt.

Affinitätswirkungen als Factor thierischer Functionen.

Von Affinitätswirkungen, als Ursache oder Folge thierischer Functionen und Lebensvorgänge, ist zwar bereits im Verlaufe des ganzen Buches die Rede gewesen, allein es mussten der Natur der Sache gemäss, in den vorhergehenden Abschnitten die betreffenden Thatsachen bei den einzelnen chemischen Verbindungen und thierischen Flüssigkeiten und Geweben erörtert werden, so dass hier, mit Bezugnahme auf thierische Functionen, Zusammengehöriges getrennt behandelt werden musste.

In dem folgenden Abschnitte wollen wir aber vom physiologischen Standpunkte: dem der Function ausgehend, das bisher Getrennte, insoferne es als chemischer Factor der so verwickelten Lebensvorgänge erscheint, zusammenfassen und ein allgemeines Bild des Chemismus derselben zu entwerfen versuchen, wobei wir uns aber um so mehr auf die Grundlinien beschränken dürfen, als wir uns dabei vielfach auf bereits früher Erörtertes beziehen können.

Jede thierische Function ist das Product einer Reihe von Einzelwirkungen als Factoren, die sehr verschieden geartet und nur in selteneren Fällen genau gekannt sind. Bei einigen dieser Functionen aber treten Affinitätswirkungen mehr in den Vordergrund, und nur von diesen soll hier die Rede sein.

Diese Functionen sind:

Respiration und thierische Wärme, Verdauung und Ernährung.

Respiration.

Literatur: Lavoisier u. Seguin: Mém. de l'Acad. de Paris 1790. — H. Davy: Researches chem. and philos. chiefly concerning nitrous oxyde and its respiration. London. — Allen und Pepys: Philos. Transact. 1808 u. 1809. Schweigger's Journ. V, 182. — Prout: Schweigger's Journ. XV, 60. — Scharling: Ann. d. Chem. u. Pharm. XLV, 214, ibidem LVII, 1. — Andral u. Gavarret: Recherches sur la quantité d'acide carbonique exhalé par le poumon. Paris 1843. — Valentin u. Brunner: Arch. f. physiol. Heilk. II, 273. — Vierordt: Physiologie des Athmens, Karlsruhe 1845. — Marchand: Journ. f. prakt. Chem. XXXIII, 152. — Hannover: De quantitate acidi carbonici ab homine sano et aegroto exhalati. Havniae 1845. — Letellier: Compt. rend. XX, 794. — Zimmermann: Commentat. inaugur. de respiratione nitrogenii oxydulat. Marburgi 1844. — v. Erlach: Versuche über die Perspiration einiger mit Lungen athmender Wirbelthiere. Bern 1846. — Regnault u. Reiset: Recherches chimiques sur la respiration des animaux de diverses classes. Paris 1849. Ann. d. Chem. u. Pharm. LXXIII, 92, 129 bis 257. — Reiset: Recherch. chim. sur la respiration des animaux d'une ferme. Compt. rend. 1868. I, 172. 176. — Moleschott: Untersuch. zur Naturlehre II, 315. — Becher: Studien über die Respiration. Züricher Mittheilungen 1855. — W. Müller: Beiträge zur Theorie der Respiration: Wiener akad. Sitzungsber. XXXIII, S. 99. — E. Smith: Proc. of the r. soc. IX, p. 611. Lancet: 1859. I. Edinb. med. journ. 1859, p. 614: Philos. transact. 1859, p. 681; 715. — C. Ludwig: Lehrbuch d. Physiol.. 2te Aufl. Bd. II, 462; Valentin: Lehrb. d. Physiol. 2te Aufl. Bd. I, 534; C. G. Lehmann: Lehrb. d. physiol. Chem. 2te Aufl. Bd. III, 284. — Derselbe: Zoochemie. 621. — Schöffer: Sitzungsber. d. Wiener Akad. XLI, 519. — Setschenow: ebenda XXXVI, 293. — Heidenhain u. L. Meyer: Ueber das Verhalten der Kohlensäure gegen Lösungen von phosphorsaurem Natron. Stud. d. phys. Instit. zu Breslau I, 103. — W. Preyer: Sitzungsber. d. Wiener Akad. XLIX, 1863; Zeitschr. f. rat. Med. XXI, 197. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1866. S. 321. — Holmgren: Sitzungsber. d. Wiener Akad. XLVIII, Dec. 1862. — Pflüger: Die Kohlensäure des Blutes. Bonn 1864. — Derselbe: Ueber die Ursache der Athembewegungen. Arch. f. Physiol. I, 61. — Derselbe: Ueber die Diffusion des Sauerstoffs etc. Arch. f. Physiol. VI, 43. 190. — W. Dohmen: Arbeit. des Bonner physiol. Instituts 1865. — Gréhant: Compt. rend. 1862. II, p. 278. — Derselbe: Journ. de l'anatomie et de la physiol. I, p. 523. — Derselbe: Gaz. méd. de Paris 1871. p. 15. — Derselbe: Recherches sur la respiration des poissons. Compt. rend. LXXV, p. 621. — J. Sachs: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863. p. 345. — Estor u. Saintpierre: Journ. de l'anat. et de la physiol. II, p. 302. — Pettenkofer u. Voit: Ann. d. Chem. u. Physiol. II. Suppl. 1862, S. 52, 647. — Pettenkofer: Ann. d. Chem. u. Pharm. II. Suppl. 1862 S. 1. — Derselbe: Artikel Ventilation im Handwörterb. d. rein. u. angew. Chem. Bd. IX, S. 140 u. ff. — Pettenkofer und Voit: Sitzungsber. d. Münch. Akad. Sitzung vom 10. Nov. 1866. — Dieselben: ebenda 1867. Sitzung vom 9. Febr. —

Henneberg: Landwirthsch. Versuchsst. VIII, 1866. — v. Vivenot jun.: Arch. f. path. Anat. XXXIII, S. 126. — Derselbe: Med. Jahrb. d. Gesellsch. der Aerzte in Wien 1865. S. 205. — J. Lange: Ueber comprimirte Luft u. s. w. Göttingen 1864. — Perrin: Compt. rend. 1864: II, p. 257. — J. Ranke: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1862. S. 311. — Derselbe: Tetanus. Leipzig 1865. — Sczelkow: Sitzungsber. d. Wiener Akad. XLV, S. 171; Zeitschr. f. rat. Med. XVII, p. 106. — C. Ludwig: Zusammenstellung über die Untersuchungen der Blutgase. Wiener med. Jahrb., Jahrg. XXI, S. 145. — Démarquay u. Léconte: Compt. rend. 1864. I, p. 196, 278 u. 463. — L. Hermann: Arch f. Anat. u. Physiol. 1864. S. 521. — Derselbe: ebenda 1865. S. 496. — Moreau: Compt. rend. 1863. II, p. 27 u. 816. — Kaufmann u. Rosenthal: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1865. S. 659. — Lossen: Zeitschr. f. Biol. 1866. II, S. 244. — Kowalewsky: Sitzungsber. d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Sitzung vom 30. Mai 1866. — Speck: Untersuch. über die willkürlichen Veränderungen des Athemprocesses, Arch. f. wissensch. Heilk. III. 317. — Derselbe: Unters. über Sauerstoffverbrauch u. Kohlensäureausscheid. des Menschen. Schriften der Gesellsch. zur Beförd. der Naturwissensch. zu Marburg X, 1871. — Wolffberg: Arch. f. Physiol. IV, 465. — Derselbe: Das physik. Princip der Lungenathmung. Bonn 1873. — Strassburg: Arch. f. Physiol. VI, 65. — Nussbaum: Arch. f. Physiol. VII, 296. — A. Ewald: Arch. f. Physiol. VII, 575. — A. Schmidt: Arb. aus dem physiol. Institut in Leipzig 1868. — J. J. Müller: Ber. d. k. sächs. Gesellsch. der Wissensch. 1869. 1. Juli. — Worm-Müller: ebenda 1870. 12. Dec. — Hering: Unters. über die Zusammensetzung der Blutgase während der Appnoe. Dissert. Dorpat 1867. — Donders: Arch. f. Physiol. V, 20. — Panum: Arch. f. Physiol. I, 125. — G. v. Liebig: Zeitschr. f. Biol. V. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1871, S. 538. — Liebermeister: Kohlensäureproduction beim Menschen. Deutsch. Arch. f. klin. Med. VII, 75. — Berg: Ueber den Einfluss der Zahl und Tiefe der Athembewegungen auf die Ausscheidung der Kohlensäure. Dissertat. Dorpat 1869. — Gildemeister: Ueber Kohlensäureproduction bei Wärmeentziehung. Dissert. Basel 1870. — Sanders-Ezn: Ber. d. sächs. Gesellsch. der Wissensch. 1867. Mai. — Scheremetjewski: ebenda 1868. 12. Dec. — Leichtenstern: Münch. akad. Ber. 1871. S. 195. — Ransome: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1871. S. 18. — Bachl: Zeitschr. f. Biol. V, 61. — Schenk: ebenda III, 476. — Lossen: Zeitschr. f. Biol. I, 207. — J. Ranke: Lehrb. d. Physiol. 3te Aufl. 1875. — Ludwig u. Schmidt: Sächs. Sitzungsber. 1868. 4. Febr, — L. Hermann: Untersuch. über den Stoffwechsel d. Muskeln. Berlin 1867. — Fr. Riegel: Arch. f. path. Anat. 1874. LIX, 396. — Nussbaum: Arch. f. Physiol. VII, 296. — Drosdorf: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1875. S. 773. — Speck: Arch. f. experim. Pathol. u. Pharm. 1874. II, 405. — Derselbe: Tagebl. d. 46. Vers. d. Naturf. u. Aerzte in Wiesbaden 1873. S. 136. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1876. Nr. 17. — A. Schmidt: ebenda 1875. S. 371. — Wertheim: Deutsch. Arch. f. klin. Med. XV, 173. — Bütschli: Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874, S. 348. — Voit u. Forster: Zeitschr, f. Biol. X, 126. — Stohmann: Landwirtsch. Versuchsstat. XIX, 81. — Raoult: Compt. rend. LXXXII, Nr. 19. — Zweifel: Arch. f. Gynäkol. IX, 291. — Zuntz: Arch. f. Physiol. XIV, 608. — Jolyet u. Blanche: Compt. rend. LXXVII, 39. — Quinquaud: ebenda LXXVI, 1141. — Pflüger: Arch. f. Physiol. X. 251. — Dittmar Finkler: ebenda S. 368. — G. v. Liebig: Arch. f. Physiol. X, 479. — Derselbe: Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. VIII, — O. v. Platen: Arch. f. Physiol. XI, 272. — Fr. Pott: Landwirthsch. Versuchsstat. XVIII, 81. —

A. Sanson: Compt. rend. LXXXII, 1003. — G. Valentin: Zeitschr. f. Biol. XII, 177. — Pflüger: Arch. f. Physiol. XIV, 1. — Dittmar Finkler u. Oertmann: ebenda S. 38. — H. Erler: Ueber das Verhältniss der Kohlensäureabgabe zum Wechsel der Körperwärme. Dissert. Königsberg 1875. — Pflüger: Archiv für Physiologie XIV, 73. — H. Schulz: ebenda S. 78. — Reinhard: Ueber Hautathmung: Zeitschr. f. Biol. V, 28. — H. Aubert: Untersuchungen über die Mengen der durch die Haut ausgeschiedenen Kohlensäure. Arch. f. Physiol. VI, 539. — Bert: Recherches expérim. sur l'influence, que le changements dans la pression barometrique exercent sur les phénomènes de la vie. Compt. rend. LXXV, 29. 88. 491. 543. — Danilewski: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1874. S. 721. — G. Colasanti: Arch. f. Physiol. XIV, 92. — Pflüger: ebenda S. 469. — Fubini u. Ronchi: Morgagni 1876. p. 815. — Fubini: Compt. rend. LXXXIII. 338. — N. Zuntz: Arch. f. Physiol. XII. 522.

Allgemeine Bemerkungen.

Zwischen den Bestandtheilen der atmosphärischen Luft und den im lebenden Organismus enthaltenen und theilweise dort erst erzeugten Luftarten, findet eine beständige Wechselwirkung statt, die ganz allgemein ausgedrückt in einem Austausch derselben besteht.

Aeussere u. innere Respiration.

Aber auch die in den verschiedenen thierischen Flüssigkeiten und Geweben stets enthaltenen Gasgemenge tauschen ihre Bestandtheile fortwährend aus; demgemäss unterscheiden die Physiologen eine äussere Respiration: den Gaswechsel zwischen der atmosphärischen Luft und den Gasen des Blutes und Thierkörpers überhaupt, und eine innere: den Gaswechsel zwischen den Gasgemengen der einzelnen thierischen Flüssigkeiten unter sich.

Beide Vorgänge sind bis zu einem gewissen Grade von einander abhängig, sind einander mehr oder weniger proportional und haben zwei in ihrer Richtung einander entgegengesetzte Gasströmungen in ihrem Gefolge, von welchen die eine aus der atmosphärischen Luft in die Gewebe geht, während die andere von den letzteren nach der atmosphärischen Luft gerichtet ist.

Diese Gasströme sind bedingt zum Theil durch rein physikalische Gesetze der Diffusion, zum anderen Theile aber durch Affinitätswirkungen.

Lungen- und Hautathmung.

Die äussere Respiration erfolgt theils durch die Athmungswerkzeuge im engeren Sinne, bei den in der Luft lebenden Thieren durch die Lungen: Lungenathmung, — theils durch die Haut: Hautathmung. — Der Gesammtgaswechsel endlich erfolgt durch Lungen, Haut und, insoferne es sich um die Ausscheidung von Gasen handelt, auch durch den Darm. Am genauesten studirt ist die Lungenathmung, wir werden daher auch diese den nachfolgenden Betrachtungen zunächst zu Grunde legen.

A. Lungenathmung.

Lungenathmung.

Vergleichen wir, um über die Natur derselben ins Klare zu kommen, die Zusammensetzung des Gasgemenges, welches wir atmosphärische Luft nennen und dessen Strömung nach den Geweben gerichtet ist, mit der Zusammensetzung der Gase, deren Richtung die entgegengesetzte ist, zunächst der Ausathmungsluft und der Blutgase, so finden wir, dass die Bestandtheile dieser drei Gasgemenge qualitativ nahezu dieselben sind.

Die Bestandtheile der atmosphärischen Luft sind Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Wasserdampf und minimale Mengen von Ammoniak.

Die Bestandtheile der Ausathmungsluft sind Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Wasserdampf, minimale Quantitäten von Ammoniak und unter Umständen von Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen.

Die Bestandtheile der Blutgase sind Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf.

Zusammensetzung der atmosphärischen, der Ausathmungs- und der Blutluft.

Die Hauptbestandtheile der athmosphärischen Luft finden sich demnach in der Ausathmungsluft und den Blutgasen wieder, aber in einem sehr wesentlich geänderten Verhältnisse, wie dies nachstehende Tabelle anschaulich macht, in welcher von dem sehr variabeln und vielfach von äusseren Bedingungen abhängigen Wassergehalte abgesehen und nur auf Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure Rücksicht genommen ist.

In 100 Volumtheilen	I. Atmosphärische Luft.	II. Ausathmungsluft. (Brunner und Valentin).	III. Blutgase. Pflüger
Sauerstoff	20·81	16·033	38·08
Stickstoff	79·15	79·557	3·09
Kohlensäure	0·04	4·380	58·83

II. ist das Mittel aus mehreren Analysen der Ausathmungsluft erwachsener Menschen, — III. das Mittel aus mehreren Beobachtungen an Hunden von Pflüger.

Schlussfolgerungen daraus.

Die ausgeathmete Luft enthält demnach etwa um $^1/_5$ weniger Sauerstoff als die eingeathmete atmosphärische Luft, ihr Kohlensäuregehalt

aber ist über 100 mal grösser. Der Sauerstoffgehalt der Blutgase ist durchschnittlich grösser, als jener der ausgeathmeten und selbst jener der atmosphärischen Luft, dieselben enthalten aber wenig Stickstoff und nahezu $^3/_5$ ihres Volumens an Kohlensäure. Doch ist mit Bezug auf die Zusammensetzung der Blutgase zu bemerken, dass nach den vorhandenen Beobachtungen ihr Sauerstoffgehalt eine ziemlich veränderliche Grösse darstellt.

Aus den obigen Zahlen ergiebt sich ferner, dass die Bewegung des Sauerstoffs von der Luft zum Blute, jene der Kohlensäure aber von letzterem zur Luft gerichtet sein muss; sie zeigt ferner, dass die Kohlensäure der Ausathmungsluft vom Blute und den Geweben stammt. Ueber die Richtung des Stickstoffs geben die obigen Zahlen keinen Aufschluss, und es kann derselbe je nach den Umständen in entgegengesetzten Richtungen gehen.

In dem Verschwinden eines Theiles des eingeathmeten Sauerstoffs, und in dem dazu in einer bestimmten Beziehung stehenden Auftreten der Kohlensäure in der Ausathmungsluft, ist in der That das Wesen des Athmungsprocesses vom chemischen Standpunkte aus nahezu erschöpft. Alle übrigen, bei der Respiration sich darbietenden nicht mechanischen Erscheinungen sind entweder nur Folge der Bedingungen, unter welchen der obige Gasaustausch erfolgt, oder sie führen auf mehr oder weniger rein physikalische Verhältnisse zurück. Dies gilt namentlich von der Temperatur und dem Wassergehalte der Ausathmungsluft.

Temperatur der Ausathmungsluft.

Die Temperatur der Ausathmungsluft ist unter gewöhnlichen Bedingungen stets höher, als jene der eingeathmeten Luft. Letztere hat in der Regel eine weit niedrigere Temperatur als die Lungenwand, sie muss daher ihre Temperatur mit der letzteren ausgleichen, sie wird daher gewöhnlich erwärmter; athmen wir eine Luft ein, welche höher als unser Körper temperirt ist, so giebt dieselbe umgekehrt Wärme an die Lungenwand ab.

Nach den Beobachtungen von Gréhant beträgt die Temperatur der Ausathmungsluft:

bei + 22° C. Luftwärme und Inspiration durch die Nase .... 35·3° C.
bei + 22° C. „ „ „ „ den Mund .. 33·9° C.

Nach den Bestimmungen von Brunner und Valentin beträgt sie

bei + 15 bis 20° C. Luftwärme . . . . 37·3° C.
bei + 6·3° C. „ . . . . 29·8° C.
bei + 41·9° C. „ . . . . 38·1° C.

als Mittel mehrerer Beobachtungen. Starke äussere Kälte setzt daher die Temperatur der Ausathmungsluft beträchtlicher herab, als hohe Wärme sie erhöht.

Der Wassergehalt der Ausathmungsluft ist bedeutender, als jener der eingeathmeten Luft. Die Luft, welche eingeathmet wird, meist niederer temperirt und somit trockener, sättigt sich in den Lungen mit Wasserdämpfen in einem ihrer Temperatur entsprechenden Grade. Durch die Lungen wird sonach dem Blute fortwährend Wasser entzogen. Ob die Ausathmungsluft für ihre Temperatur stets mit Wasserdampf vollkommen gesättigt ist, ist unentschieden. Von Valentin wird es behauptet, von Anderen (Vierordt, Moleschott) in Abrede gestellt. Bei Inspiration durch die Nase und + 22° C. Luftwärme fand Gréhant die Ausathmungsluft für + 35° C. gesättigt, während bei diesem Respirationsmodus ihre Temperatur + 35·3° C. war.

Wassergehalt derselben.

Eine Folge der höheren Temperatur und der Wasserdampftension der ausgeathmeten Luft ist es, dass ihr Volumen bedeutender ist, als das der betreffenden Inspiration. Berechnen wir aber die Volumina auf gleiche Temperaturen und auf trockenen Zustand, so ergiebt sich, dass in der Regel ein geringeres Volumen Luft exspirirt, als inspirirt wird. Die Ursache dieser Erscheinung liegt in dem weiter unten zu erörternden Umstande, dass etwas mehr Sauerstoff von dem Blute in den Lungen aufgenommen, als Kohlensäure abgegeben wird. Aus verschiedenen Messungen geht hervor, dass die Volumensabnahme ungefähr $^1/_{40}$ bis $^1/_{50}$ im Mittel beträgt. Doch ist diese Regel nicht ohne Ausnahme; sie gilt zunächst für gewöhnliches Athmen, und es wird die dieser Regel entsprechende Differenz um so grösser, je gehemmter das Athmen; bei möglichst ausgiebiger Ventilation können die exspirirten Luftvolumina sogar grösser sein, wie die inspirirten (Speck).

Volumen derselben im feuchten und trockenen Zustande.

Die nun zunächst zu erörternden Fragen sind folgende: Wohin kommt der im Athmungsprocesse verschwindende Sauerstoff und wodurch wird zunächst seine Absorption vermittelt; woher stammt die in der Ausathmungsluft austretende Kohlensäure; von welchen Gesetzen ist der Gaswechsel zwischen Sauerstoff und Kohlensäure abhängig und wie verhält sich der Stickstoff im Respirationsprocesse?

Gesetze des Gaswechsels in den Lungen.

Fassen wir zunächst die den Sauerstoff betreffenden Fragen ins Auge, so verweisen wir bezüglich der näheren Begründung des Satzes: dass der Sauerstoff der eingeathmeten Luft aus den Lungen zunächst in das Blut übertritt, auf die bereits S. 55 u. ff. gegebenen Erörterungen. Dort ist nicht nur allein nachgewiesen, dass der eingeathmete Sauerstoff von dem Blute absorbirt wird, sondern auch der Beweis geführt, dass diese Absorption von Druckverhältnissen zum grossen Theile unabhängig, in Folge einer chemischen Anziehung vor sich geht, welche auf den Sauerstoff zunächst von dem Hämoglobin der Blutkörperchen ausgeübt wird. Es ist aber schon an und für sich klar, dass der in das Blut aufgenommene Sauerstoff dort nicht verbleiben kann, sondern als solcher daraus verschwinden muss; denn da das Leben einen Gas-

Absorptionsverhältnisse des Sauerstoffs.

Seine Absorption erfolgt durch eine chemische Anziehung, die von den Blutkörperchen ausgeübt wird.

wechsel von und zum Blute, eine Sauerstoffgasströmung zum Blute und aus diesem in die lebendige Zelle, und eine Kohlensäuregasströmung von dieser zum Blute und zur Luft voraussetzt, so müsste, wenn der Sauerstoff aus dem Blute nicht in irgend einer Weise wieder verschwände, das Blut allmählich mit Sauerstoff übersättigt und frei von Kohlensäure werden, womit aller Gaswechsel selbstverständlich aufhörte. Dasselbe würde eintreten, wenn die ausgeschiedene Kohlensäure nicht immer wieder durch neugebildete ersetzt würde. Beides aber ist der Fall, nicht nur allein verschwindet der eingeathmete Sauerstoff fortwährend aus dem Blute, sondern es wird auch ebenso constant Kohlensäure erzeugt, und beide Vorgänge stehen in sehr naher Beziehung zu einander, sie bedingen sich gegenseitig, sie sind Folge der sogenannten thierischen Verbrennung.

Grund seines Verschwindens aus dem Blute.

Der Sauerstoff wird dazu verwendet, die der regressiven Stoffmetamorphose anheim fallenden Bestandtheile des Thierkörpers, zwar wohl in den seltensten Fällen sofort, aber immer endgültig in die einfachsten Verbindungen überzuführen, ihren Kohlenstoff in Kohlensäure, ihren Wasserstoff in Wasser zu verwandeln und dadurch ihren Stickstoff als Harnstoff, Harnsäure u. s. w. oder als freien Stickstoff abzuspalten. Es verschwindet demnach der Sauerstoff aus dem Blute in dem Maasse, als er zur Oxydation der organischen Atomcomplexe des Thierkörpers verwendet wird.

Ursprung der Kohlensäure der Ausathmungsluft.

Mit diesen Erörterungen aber erledigt sich auch ohne Weiteres die Frage, woher die in der Ausathmungsluft auftretende Kohlensäure stammt. Sie ist eines der Producte der Oxydation, sie stammt aus dem Kohlenstoff der Gewebe und Körperbestandtheile organischer Natur überhaupt, sie gelangt aber in die Ausathmungsluft aus dem Blute. Wo sie aber gebildet wird, ob in diesem selbst, oder aber in den Geweben, ist eine von den Physiologen lebhaft discutirte Frage. Ersteres setzt den Uebertritt der für die Oxydation vorbereiteten Gewebsschlacken aus den Geweben in die Capillaren, letzteres eine Diffusion des Sauerstoffs aus den Capillaren in die Gewebe und der Kohlensäure aus diesen in das Blut voraus. Die Lehre, zufolge welcher das Blut vorzugsweise Herd der Oxydation und Kohlensäurebildung wäre, wird von C. Ludwig und seiner Schule, sowie von französischen Physiologen (Estor und Saintpierre, Cl. Bernard) vertreten, während Pflüger und seine Schüler den Ort der Oxydation und Kohlensäurebildung in die Gewebe, d. h. in die lebendige Zelle selbst verlegen. Noch scheint in dieser Controverse das letzte Wort nicht gesprochen, doch lässt sich nicht verkennen, dass der Hauptsatz Pflüger's: dass die Grösse des Sauerstoffverbrauchs vom Sauerstoffgehalte des Blutes und von der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes unabhängig sei, und von der lebendigen Zelle geregelt werde, sich auf eine Reihe gewichtiger Experimentaluntersuchungen stützt (Pflüger, Dittmar Finkler, Dittmar Finkler u. Oertmann).

Dass die organischen Atomcomplexe, wenigstens in der Regel nicht sofort zu Kohlensäure verbrannt werden, ergiebt sich einfach daraus, weil wir in diesem Falle im Thierkörper nicht Producten der regressiven Stoffmetamorphose begegnen würden, die ihrer chemischen Natur nach als intermediäre Oxydationsproducte aufgefasst werden müssen. Ueberdies sind die, auch ausserhalb des Organismus und zwar unter der Einwirkung sehr energischer Oxydationsmittel erfolgenden Oxydationen complexer organischer Verbindungen, keineswegs der Art, dass sie der Ansicht, der Sauerstoff verbrenne den Kohlenstoff der Gewebe etc. direct zu Kohlensäure, eine Stütze verliehen; denn auch bei solchen Oxydationen treten meist mehr oder weniger zahlreiche intermediäre Producte auf, ja selbst bei der Verbrennung im engsten Sinne, fehlt es gewöhnlich an derartigen Producten nicht. Dies ändert aber allerdings nichts an der Thatsache, dass schliesslich aller Sauerstoff in Kohlensäure und insoferne der Sauerstoffgehalt der organischen Moleküle nicht hinreicht, um mit ihrem Wasserstoff geradeauf Wasser zu bilden, in Wasser verwandelt wird.

Der eingeathmete Sauerstoff wird nicht sofort in Kohlensäure verwandelt.

Hieraus ergiebt sich, dass die Kohlensäureausscheidung vom chemischen Standpunkte allerdings in einer sehr engen Beziehung zum eingeathmeten Sauerstoff steht, aber keineswegs in einer unmittelbaren. Wäre Kohlensäure die einzige Form, in welcher der eingeathmete Sauerstoff wieder austritt, so müsste das Volumen des verschwundenen Sauerstoffs dem der durch die Respiration gelieferten Kohlensäure gleich sein, da die Kohlensäure ein ihr gleiches Volumen Sauerstoff enthält. Die Erfahrung lehrt aber, dass durchschnittlich weniger Kohlensäure ausgeathmet wird, als dem verschwundenen Sauerstoff entspricht. Dies begreift sich leicht, wenn man berücksichtigt, dass der Sauerstoff nicht ausschliesslich zur Oxydation des Kohlenstoffs verwendet wird, und dass selbst nicht alle Kohlensäure nothwendigerweise durch die Lunge austritt. Ein grosser Theil der verbrennlichen Körperbestandtheile, vor Allem das Fett, enthält nicht genug Sauerstoff, um mit ihrem Wasserstoff Wasser zu bilden; es muss daher ein, wenn auch geringer Theil des eingeathmeten Sauerstoffs dazu verwendet werden, um den überschüssigen Wasserstoff derartiger Körperbestandtheile zu oxydiren. Dass diese Annahme keine blosse theoretische Voraussetzung ist, ergiebt sich aus Folgendem: Die Erfahrung lehrt, dass die Differenz zwischen dem Volumen des in der Exspirationsluft fehlenden Sauerstoffs und dem Volumen der Kohlensäure am geringsten ist bei einer Nahrung, die überwiegend aus Kohlehydraten besteht, wo also der in diesen Nahrungsstoffen enthaltene Sauerstoff hinreicht, um mit sämmtlichem Wasserstoff derselben ohne weitere Sauerstoffzufuhr Wasser zu bilden; damit in Uebereinstimmung hat man beobachtet, dass bei vegetabilischer Nahrung und bei Pflanzenfressern weit mehr Sauerstoff in der Kohlensäure ausgeathmet wird, als bei thierischer Nahrung; bei Pflanzenfressern beträgt der in der Kohlensäure ausgeathmete Sauerstoff $^8/_{10}$ bis $^9/_{10}$, bei

Ein Theil des Sauerstoffs wird zur Oxydation von Wasserstoff verwendet;

Fleischfressern etwa $^3/_4$ der ganzen Menge des eingeathmeten Sauerstoffs. Die Differenz wird erfahrungsgemäss grösser, wenn die Nahrung eine solche ist, welche überschüssigen Wasserstoff enthält, wie dies bei Fett- und Fleischnahrung der Fall ist; ebenso aber auch beim Hungern, sei es, dass das letztere Folge von Nahrungsentziehung, oder der gestörten Verdauung ist, wie z. B. nach Durchschneidung des Nervus vagus (Valentin). Bei hungernden Thieren, gleichgültig ob Pflanzen- oder Fleischfresser, bleibt sich dieses Verhältniss gleich, und ist dies offenbar ein Beweis, dass im Zustande des Hungers der in das Blut aufgenommene Sauerstoff, sich in ihrem Leibe mit denselben Materien verbindet; d. h. der Athmungsprocess wird auf Kosten der Bestandtheile ihres Leibes unterhalten (Liebig). Weitere Beweise dafür, dass ein grosser Theil des nicht in der Form von Kohlensäure austretenden Sauerstoffs als Wasser austritt, können in dem Verschwinden des an Wasserstoff so reichen Fettes bei Hungernden, oder des Alkohols der genossenen geistigen Getränke, endlich in der Thatsache gefunden werden, dass Murmelthiere während des Winterschlafs an Gewicht durch den Respirationsprocess zunehmen. In diesem Zustande geniesst das Thier kein Wasser, und entlässt demungeachtet von Zeit zu Zeit Wasser im Harne, nach dessen Austreten eine Gewichtsverminderung eintritt, welche mit dem aufgenommenen und in Kohlensäure und Wasser übergegangenen Sauerstoff im Verhältnisse steht (Valentin, Liebig). Obgleich von viel geringerem Gewichte, kommt bei der Erklärung der Differenz jedenfalls auch der Umstand in Betracht, dass ein, wenngleich sehr kleiner Theil des Sauerstoffs zur Oxydation des Schwefels der schwefelhaltigen Atomcomplexe (Albuminstoffe u. a. m.) verwendet werden muss. Endlich darf nicht übersehen werden, dass die Lunge nicht der einzige Ort ist, wo Gaswechsel stattfindet.

ein anderer Theil zur Oxydation des Schwefels schwefelhaltiger Atomcomplexe.

Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung geheu im Respirationsprocesse für gewisse Zeitabschnitte einander keineswegs immer parallel.

Da ferner die Kohlensäure, die wir in der Ausathmungsluft auftreten sehen, nicht als unmittelbares Product einer sofortigen Oxydation des Kohlenstoffs angesehen werden kann, und nicht etwa der mit der einen Inspiration eingeathmete Sauerstoff mit der darauf folgenden Exspiration als Kohlensäure wieder erscheint, so ist es klar, dass für gleiche Mengen eingebrachten Sauerstoffs in gleichen Zeiten sehr ungleiche Mengen von Kohlensäure ausgeführt werden können. Die thierischen Moleküle zerfallen nämlich bei der Einwirkung des Sauerstoffs jedenfalls nur zum Theil gleich in Kohlensäure und andere Producte, sondern erleiden dadurch auch Veränderungen, die ohne Abspaltung von Kohlensäure vor sich gehen; der Sauerstoff, der bereits viel früher aufgenommen war, kann daher erst später in der Kohlensäure wieder fortgehen. Aehnlich kann eine Vermehrung des phosphorsauren oder kohlensauren Natriums in den Geweben wirken; denn da diese Salze, wie wir bereits S. 63, 83 u. 97 erörterten, Kohlensäure binden können, so wird ihre Vermehrung eine geringere Kohlensäureausscheidung zur Folge haben, da ein Theil derselben von den oben genannten

Salzen, wenngleich vorübergehend, zurückgehalten wird. In der That lassen von Pettenkofer und Voit, von Henneberg und von Sanders-Ezn angestellte Versuche nicht daran zweifeln, dass unter Umständen eine Aufspeicherung des Sauerstoffs stattfinden könne. Es ist daher wohl ein schliesslicher, aber keineswegs ein in jedem Zeitabschnitt paralleler Gang der Sauerstoffaufnahme und der Kohlensäureausscheidung gegeben.

Theorie des Gaswechsels.

Wir kommen nun zur Erörterung der Hauptfrage: von welchen Gesetzen ist der Gaswechsel zwischen Lungenluft und Blut abhängig? Zur Erledigung dieser Frage sind in neuerer Zeit sehr wichtige und folgenreiche Untersuchungen angestellt, welche die Vorgänge bei der Respiration zum grossen Theile völlig aufgeklärt haben und dieselben in einem viel einfacheren Lichte erscheinen lassen, als dies bis dahin der Fall war.

Die Aufnahme des Sauerstoffs ist, wie wir gesehen haben, zum grossen Theile abhängig von einer chemischen Anziehung, die von dem Blute und insbesondere von dem Hämoglobin der Blutkörperchen ausgeübt wird; er tritt an die Blutkörperchen, aber nur um alsbald aus den Capillaren in die Gewebe überzutreten und hier verwendet zu werden. Die Gesetze der Diffusion haben daher auf seinen Eintritt in das Blut nur einen untergeordneten Einfluss, zunächst insoferne als er, um zu den Blutkörperchen zu gelangen, vorher das Plasma passiren muss.

Der Uebertritt der Kohlensäure aus dem Blute in die Lunge erfolgt nach den Gesetzen der Diffusion.

Ganz anders aber gestalten sich die Verhältnisse bei der Kohlensäure. Der bei Weitem grössere Theil derselben ist im Blutplasma enthalten und zwar, wie wir nach den neueren Untersuchungen als mindestens sehr wahrscheinlich annehmen müssen, nicht einfach diffundirt, sondern in zweifacher Weise gebunden, in lockerer leicht zersetzbarer Verbindung und in einer mehr stabilen (vergl. S. 63 u. ff.). Da nun von einer Spannung gebundener Kohlensäure im Blute keine Rede sein kann, eine solche sich aber trotzdem in der Lunge ebenso, wie unter dem Recipienten der Luftpumpe geltend macht, so bleibt nichts übrig, wie anzunehmen, dass die Blutkohlensäure durch irgend ein Moment in den Lungen aus ihren Verbindungen ausgeschieden wird. Dass bei der Austreibung der gebundenen Kohlensäure Blutkörperchen und Sauerstoff betheiligt sind, erscheint nach Versuchen von Holmgren und Preyer, Pflüger und Hoppe-Seyler mindestens sehr wahrscheinlich; in welcher Weise dies geschieht, und ob es sich dabei um die Bildung freier Säuren oder, wie Donders meint, um Dissociationsprocesse handelt, durch welche Oxyhämoglobin und eine Paraglobulin-Kohlensäureverbindung, die er statuirt, und welche sich schon bei gewöhnlicher Temperatur im Zustande der Dissociation befinde, frei werden, muss vorläufig dahingestellt bleiben. Dem sei aber wie immer, so viel ist gewiss, dass die Kohlensäure in den Lungen aus dem gebundenen in den freien Zustand übergeht, und demgemäss ist auch der Uebertritt

derselben in die Lungenluft ein rein physikalischer Vorgang und erfolgt nach den Gesetzen der Diffusion, wie sie an der Grenze zwischen gashaltigen Flüssigkeiten und Luft, oder mit Rücksicht auf die Athmung, wie sie an der Grenze zwischen Blut- und Luftröhren der Lunge Geltung haben.

Wenden wir diese Gesetze auf den besonderen Fall, auf den Uebertritt der Kohlensäure aus dem Blute in die Lunge an, so finden wir, dass unter normalen Athmungsbedingungen die Kohlensäure deshalb nothwendig aus dem Blute in die Lunge übertreten muss, weil die Spannung der Kohlensäure im Blute (die Kraft, mit welcher sich die Gasmoleküle abstossen) eine grössere ist, als in der Luft und in der Lunge, oder, was dasselbe ist, weil die Kohlensäure im Blute unter einem stärkeren Drucke steht.

Versuche, aus denen J. J. Müller auf eine specifische kohlensäureaustreibende Wirkung des Lungengewebes schloss, ermangeln der vollen Beweiskraft, und hat Wolffberg neuerdings wieder nachgewiesen, dass die Diffusion völlig ausreicht, um den Gasaustausch zwischen dem Lungenblute und der Atmosphäre zu ermöglichen.

Von welchen Momenten die Kohlensäureausscheidung abhängig ist.

Die Kohlensäureausscheidung durch die Lungen ist daher abhängig von Veränderungen des Unterschiedes der Kohlensäurespannung der Luft, des Blutes und der Lunge, von dem Wärmeunterschiede zwischen dem Blute und der Lungenluft, von Veränderungen des Blutdrucks und der Berührungsfläche zwischen Luft und Blut. Die ganze Theorie der Respiration lässt sich daher auf die Hauptsätze der Diffusionsgesetze zurückführen. Da wir es in diesem Werke zunächst nur mit Affinitätswirkungen und mit stofflichen Veränderungen, nicht aber mit der Lehre von den Kräften zu thun haben, so verweisen wir diejenigen, welche die Lehre von der Diffusion näher studiren wollen, auf die Lehrbücher der Physik und Physiologie.

Wir begnügen uns hier daran zu erinnern, dass alle Gase ohne Ausnahme, in Berührung miteinander gebracht, in einander überströmen, und dass nicht eher die Gleichgewichtslage eintritt, als bis eine überall gleichartige Mischung entstanden ist; dass ferner diese Diffusion auch durch Scheidewände erfolgt. In ähnlicher Weise, wie die Gase ineinander diffundiren, diffundiren sie auch in Liquida, doch gelten für diese Erscheinungen besondere Gesetze: die Absorptionsgesetze. Für uns ist die Thatsache von Wichtigkeit, dass das Entweichen eines, von einer Flüssigkeit absorbirten Gases immer nur dann stattfindet, wenn die Spannung dieses Gases, in dem über der Flüssigkeit befindlichen freien Raume vermindert wird, ganz unabhängig davon, ob die Gesammtspannung der in jenem Raume enthaltenen Gase grösser oder kleiner geworden ist. Mit anderen Worten: die Diffusion eines Gases aus einer Flüssigkeit in einen Luftraum, das Entweichen eines Gases aus der Flüssigkeit in den darüber stehenden Luftraum, kann wohl gehindert werden durch die Spannung desselben Gases in diesem

Raume, nicht aber durch die Spannung eines beliebigen anderen Gases, denn verschiedene Gase verhalten sich nach der Lehre von der Diffusion gegen einander wie leere Räume; sie setzen einander keinen Widerstand entgegen. Also von in einer Flüssigkeit absorbirter Kohlensäure z. B. wird so lange nichts entweichen können, so lange die Spannung der Kohlensäure in dem, über der Flüssigkeit stehenden Luftraume, jener der absorbirten Kohlensäure das Gleichgewicht hält, so wie aber die Spannung der Kohlensäure des Luftraumes eine geringere wird, wird sofort und so lange Kohlensäure aus der Flüssigkeit entweichen, bis die Spannungsdifferenz sich ausgeglichen hat. Hätten wir aber die Kohlensäure aus dem Luftraume völlig entfernt und dafür Sauerstoff von einer doppelt so grossen Spannung eingeführt, so würde die Kohlensäure aus der Flüssigkeit ebenso entweichen, wie wenn darüber ein leerer Raum stände, und erst dann würde dieses Entweichen aufhören, wenn die entwichene Kohlensäure eine gleiche Spannung mit der noch in der Flüssigkeit enthaltenen erlangt, mit anderen Worten, wenn die Differenz sich ausgeglichen hätte. Eine bemerkbare Ausnahme von diesem Gesetze macht der Wasserdampf, der nach Pflüger's Versuchen, das Entweichen der Kohlensäure in den Entgasungsraum beträchtlich verlangsamt.

Die Erscheinungen bei der Respiration sind mit den Gesetzen der Diffusion im Einklange, soweit sie sich auf die Ausscheidung der Kohlensäure beziehen.

Wir bemerken, dass mit dieser Theorie der Kohlensäureausscheidung und ihrer Abhängigkeit von den oben genannten Momenten, welche letztere nur eine Folge des allgemeinen Gesetzes sind, alle unsere Erfahrungen über die Schwankungen der Kohlensäureausscheidung im Einklange stehen, obgleich natürlich der Vorgang in der Lungenathmung so complicirt ist, dass man denselben für jeden Zeitabschnitt keineswegs theoretisch berechnen kann, namentlich auch deshalb, weil begreiflicherweise unsere Kenntnisse über den Gasgehalt des lebenden Blutes sehr unvollständige sind und der Natur der Sache nach bleiben müssen.

Experimentelle Beweise für die Richtigkeit der Theorie.

Der Uebertritt der in den Lungencapillaren frei werdenden Blutkohlensäure in den Lungenraum ist nur dann möglich, wenn in dem letzteren keine Kohlensäurespannung stattfindet, welche jene der Blutkohlensäure übertrifft. Dies ist nun unter normalen Verhältnissen allerdings nicht der Fall, der Austritt der Kohlensäure aus dem Blute in den Lungenraum daher möglich. Allein unter abnormen Verhältnissen, die auch künstlich herbeizuführen sein werden, kann sich die Kohlensäurespannung im Lungenraume so sehr steigern, dass sie jener der Blutkohlensäure das Gleichgewicht hält, oder sie wohl gar übertrifft. In jenen Fällen, wo die Kohlensäurespannung in der Lungenluft bedeutender wird, als sie im Blute ist, wird dann nothwendigerweise ein Theil Kohlensäure aus der Luft in das Blut übergehen, bis sich die Druckdifferenz ausgeglichen hat. Ein Zusatz von Kohlensäure zur Athmungsluft, oder eine Vermehrung derselben aus irgend welchen Gründen im Lungenraum, wird daher jedesmal die Ausscheidung dieses Gases aus

dem Blute hemmen; der Werth, den die Hemmung erreicht, wird steigen mit dem Kohlensäuregehalte der Luft und zwar so, dass schliesslich eine Stromumkehr stattfindet. Mit diesen Voraussetzungen steht die Erfahrung vollkommen im Einklange (Legallois, W. Müller). Sehr belehrend und beweisend sind die Versuche von W. Müller. Derselbe befreite die Lungen eines Thieres möglichst von allem Stickstoff, indem er Sauerstoff durch dieselben leitete und setzte dann die Respirationsorgane in Verbindung mit einem, mit reinem Sauerstoffgase gefüllten Athmungsraume. Wenn das Thier in diesen durch Quecksilber abgesperrten Raum aus- und einathmete, und der Luftdruck in demselben immer dem atmosphärischen gleich erhalten wurde, so verschwand das Gas im Luftraume allmählich vollkommen, das Thier sog den ganzen Inhalt desselben auf. Die Erklärung dieser Erscheinung bietet nach dem Gesagten keine Schwierigkeit dar. Anfangs wurde der Sauerstoff vom Blute des Thieres aufgenommen und Kohlensäure ausgeschieden; je mehr Sauerstoff aber aus dem Luftraume verschwand, desto reicher wurde derselbe an Kohlensäure, und desto grösser musste die Spannung derselben in diesem Raume werden; so wie sie den Werth der Kohlensäurespannung im Blute erreichte, konnte keine Kohlensäureauscheidung aus dem Blute mehr stattfinden; da aber dabei die Sauerstoffabsorption fortwährend noch stattfand, musste der Kohlensäuredruck im Luftraum bald grösser werden, als jener des Blutes und daher Kohlensäure in das Blut zurücktreten; da jedoch der Sauerstoff bis zum völligen Verschwinden aufgenommen wurde, so wurde in Folge der fortwährend gesteigerten Kohlensäurespannung im Athmungsraume, auch die ursprünglich ausgeschiedene Kohlensäure wieder in das Blut zurückgenommen. In den Versuchen von W. Müller, wo der Athmungsraum klein war (er betrug 150 bis 250 ccm Inhalt), wurde alles Gas völlig aufgesogen. Bei einem grösseren Athmungsraume wird aber der Rücktritt der Kohlensäure ins Blut nur so lange dauern, bis das Blut mit Kohlensäure gesättigt ist. Bedient man sich eines Raumes, der den Umfang des Thieres übertrifft, so hört bei fortschreitendem Athmen allmählich die Abnahme der Luft im Athmungsraume auf, indem nunmehr so viel Kohlensäure ausgeführt, als Sauerstoff aufgesogen wird. Dies tritt ein, wenn das Thier etwas mehr Kohlensäure, als die Hälfte seines Volumens beträgt, zum Verschwinden gebracht hat. Aber dann stirbt auch das Thier, obgleich die geathmete Luft noch viel mehr Sauerstoff enthält als die atmosphärische. Einen Uebertritt der Kohlensäure aus dem Athmungsraume in die Lungen constatirte auch Valentin bei Fröschen, die er in einem abgeschlossenen Luftraume athmen liess.

Diese Versuche sind von grossem Interesse und bestätigen nicht nur die Abhängigkeit der Kohlensäureausscheidung von den Diffusionsgesetzen, sondern lehren auch, dass die giftige Wirkung der Kohlensäure auf den Organismus nicht darin zu suchen ist, dass ihre Gegenwart die Aufnahme von Sauerstoff hinderte; denn die Sauerstoffabsorp-

tion ging in obigen Versuchen auch dann noch vor sich, als bereits narkotische Erscheinungen eingetreten waren, sondern darin, dass dadurch auch bei einem Sauerstoffgehalte der Luft, welcher noch bedeutender ist, als jener der atmosphärischen, die Ausscheidung der Kohlensäure aus dem Blute gehindert wird und sich dieses Gas, welches im Normalzustande im Verhältnisse seiner Neubildung sofort wieder ausgeschieden wird, mehr und mehr im Blute ansammelt und dann als Narkoticum wirkt. Demgemäss trat auch bei Thieren in den oben erwähnten Versuchen der Tod nicht unter den Erscheinungen der Erstickung, sondern unter jenen der Narkose ein. Diese Versuche erklären endlich auch die Thatsache, dass Thiere und Menschen beim Einathmen von reinem kohlensauren Gase viel rascher sterben, als beim Einathmen von Stick- und Wasserstoffgas. In einer reinen Kohlensäureatmosphäre kann das Blut keine Kohlensäure abgeben, sondern nimmt vielmehr noch Kohlensäure auf, während Wasserstoff- oder Stickgas der Kohlensäureausscheidung kein Hinderniss setzt und daher hier der Tod erst dann erfolgen wird, wenn aller im Organismus noch vorhandene Sauerstoff völlig aufgebraucht ist. Dies erklärt endlich auch die Thatsache, dass eine Luft, die nur wenige Procente Kohlensäure enthält, auf den Organismus schon nachtheilig wirkt, während eine Beimischung von anderen, an und für sich irrespirablen Gasarten, keine besondere Wirkung äussert.

Bedeutung des Stickstoffs im Respirationsprocesse.

Während die Verhältnisse des Sauerstoffs und der Kohlensäure im Respirationsprocesse im Ganzen und Grossen befriedigend aufgehellt sind, können wir dies von dem Stickstoff nicht sagen. Da unter normalen Bedingungen der Gehalt der Ausathmungsluft an diesem Gase nahezu gleich ist dem der Einathmungsluft, so scheint es, als ob der Stickstoff bei der Respiration nur eine passive Rolle spiele. Ludwig hebt es als eine mögliche Bedeutung des Stickstoffs für den Respirationsprocess hervor, dass er verdünnend auf den Sauerstoff wirke, aber nicht in dem Sinne, in welchem man es früher that, als man noch glaubte, dass reiner Sauerstoff nicht ohne beträchtliche Störungen eingeathmet werden könne. Er bezieht sich vielmehr auf die uns nun bereits bekannte Thatsache, dass der Gehalt der Lungenluft an Kohlensäure, so lebensgefährlich er jenseits gewisser Grenzen ist, doch die Athembewegungen weniger influirt, als der Mangel an Sauerstoff; in einem verdünnten Sauerstoffe wird aber eine zur Athembewegung nöthigende Abnahme des letzteren Gases eintreten, bevor noch die Kohlensäure bis auf einen bedrohlichen Werth gestiegen ist; die Anwesenheit des Stickstoffs in der Luft schliesst daher den Kohlensäuregehalt des Thierkörpers in engere Grenzen ein.

Sonstige Bestandtheile der Ausathmungsluft.

Regnault u. Reiset, Pettenkofer u. Voit haben in ihren Versuchen in der von verschiedenen Thieren exhalirten Luft constant Wasserstoff und Kohlenwasserstoff (Grubengas) gefunden; da aber

die wichtigen und umfassenden Untersuchungen der genannten Forscher sich auf den Gesammtgaswechsel beziehen, so ist es nach den Versuchen von Planer und E. Ruge über die Darmgase (vergl. S. 537) und über die rasche Diffusion derselben ins Blut, mindestens sehr wahrscheinlich, dass die genannten Gase, direct oder indirect aus dem Darme stammen. Auf die Theorie der Respiration sind sie jedenfalls ohne Einfluss; dasselbe gilt von den Spuren Ammoniak und von organischen Stoffen (Thiry, Schenk, Bachl, Rànsome), die, wo ihr Auffinden nicht auf Beobachtungsfehlern beruhte, wohl nur aus der Mundhöhle etc. stammen.

Von aussen eingeführt, sollen viele flüchtige Stoffe, wie Phosphor, Camphor, Alkohol, ätherische Oele u. a. spurenweise in die Exspirationsluft übergehen, ohne dass übrigens damit bewiesen wäre, dass sie aus dem Blute stammen, wahrscheinlicher ist es wohl, dass ihre in der Mundhöhle zurückbleibenden Dämpfe von der Exspirationsluft erst hier aufgenommen werden.

A. Schmidt hat neuerlichst frühere Erfahrungen bestätigt, dass Weingeist nur spurenweise mit der Respiration ausgeschieden wird.

Quantitative Verhältnisse.

Quantitative Verhältnisse.

Allgemeine Bedingungen derselben.

Die Lunge ist eine Ausgangspforte für einen sehr erheblichen Theil der, in Folge der regressiven Stoffmetamorphose gebildeten thierischen Auswurfstoffe; der Kohlenstoff der in der Exspirationsluft austretenden Kohlensäure stammt von dem Organismus, seinen Geweben und Flüssigkeiten; es ist daher an und für sich klar, dass die Menge der durch die Lungen ausgeschiedenen Stoffe und namentlich der Kohlensäure, in einem Abhängigkeitsverhältnisse zur Energie des Stoffwechsels im Allgemeinen stehen müsse, und dass sie für die Beurtheilung der quantitativen Verhältnisse des Stoffwechsels einen unentbehrlichen Factor darstelle; was sich von den eingeführten Nahrungsstoffen, unter Voraussetzung eines gleichbleibenden Körpergewichts, nicht im Harne und den Excrementen findet, das muss bis auf einen geringen, auf die Abschuppung, Schleimausscheidung u. dgl. entfallenden Rest, durch Lungen und Haut ausgetreten sein. Von diesem Standpunkte ist es von Interesse, die unter normalen Lebensbedingungen durch die Lungen innerhalb einer gewissen Zeit aufgenommenen und ausgeschiedenen Stoffmengen zu kennen. Hierüber sind, wie überhaupt über die quantitativen Verhältnisse der Respirationsausscheidungen, zahlreiche Versuche angestellt.

Wenn aber unter normalen Bedingungen für die innerhalb längerer Zeiträume durch die Lungen ausgeschiedenen Stoffe, endgültig immer der Stoffwechsel maassgebend sein muss, und dieser zuletzt immer von dem Sauerstoffbedürfnisse der lebendigen Zelle geregelt wird, so zeigen sich

doch in der Menge und dem relativen Verhältnisse der Lungenauswürflinge innerhalb engerer Grenzen sehr bedeutende Schwankungen, die auf andere Bedingungen zurückführen. Diese Bedingungen sind 1) die Beschaffenheit der atmosphärischen Luft, ihre Temperatur, ihr Feuchtigkeitsgrad, ihre Spannung (Luftdruck), ihre Zusammensetzung, endlich namentlich ihr Kohlensäuregehalt; 2) die Absorptionsfähigkeit des Blutes; 3) die Athmungsfläche, ihre grössere oder geringere Ausdehnung; 4) die Zeitdauer der Berührung zwischen Luft- und Blutatmosphäre; endlich 5) die mechanisch-physiologischen Verhältnisse der thätigen Athmungswerkzeuge. Die Temperatur, der Wasserdampfgehalt und der Barometerstand der Atmosphäre werden, wie wir hören werden, keineswegs ausschliesslich, aber zunächst die Wasserausscheidung durch die Lungen beeinflussen. Der Einfluss des Feuchtigkeitsgrades wird sich verschieden gestalten, je nachdem die Luft, in welcher die Verdunstung geschieht, bei der Athmung auf die Normaltemperatur des Körpers gebracht wird, oder nicht. Die Druckschwankungen der trockenen Atmosphäre müssen sich ferner insoferne geltend machen, als dadurch die Dichtigkeit der Blutgase sich mehren oder mindern muss. Da in der freien Luft die Kohlensäure nur geringe Schwankungen zeigt, so wird die Spannung der Kohlensäure der atmosphärischen Luft die der Blutkohlensäure nicht wesentlich ändern; wenn aber die atmosphärische Luft mit Kohlensäure abnorm beladen ist, so werden sich wesentliche Aenderungen in der Diffusionsströmung der Kohlensäure ergeben.

Beschaffenheit der Luft, des Blutes, der Lungen und Athmungsorgane überhaupt, Zeitdauer der Wechselwirkung.

Die Absorptionsfähigkeit des Blutes muss nothwendig als eine allgemeine Bedingung in die Athmung eingreifen, weil das Blut die Uebertragung des Sauerstoffs aus der Luft in die Gewebe, und diejenige der Kohlensäure in der umgekehrten Richtung vermittelt. Dass aber die Absorptionsfähigkeit des Blutes, je nach seiner Zusammensetzung Schwankungen zeigen wird, darf nicht bezweifelt werden.

Dass auch der Flächeninhalt der Athmungsorgane, auf welchen der Gasaustausch stattfindet, für den Werth des letzteren bestimmend sein muss, versteht sich von selbst; ebenso aber ist auch die Zeitdauer der Berührung von Blut- und Luftatmosphäre von Einfluss.

Zu den mechanisch-physiologischen Bedingungen gehören die Raumverhältnisse des Thorax und der Lunge, die Elasticität der letzteren, die Art (Tiefe, Seichtigkeit etc.) der Athembewegungen und der Athemfolge. Der Einfluss dieser Bedingungen macht sich geltend auf die quantitativen relativen Verhältnisse des Gaswechsels; aber umgekehrt können letztere bestimmend auf die Athembewegungen und die Athemfolge einwirken. Eine gehinderte Kohlensäureausscheidung z. B. nöthigt zu rascheren und tieferen Athmungsbewegungen. Da diese Verhältnisse aber der reinen Physiologie angehören, so werden wir auf die Details derselben nicht eingehen. Für die Beurtheilung der Verhältnisse des Gaswechsels in den Lungen ist es endlich von Wichtigkeit zu wissen, dass die Lungen beim gewöhnlichen Ausathmen 6 bis 8 mal so viel Luft

zurückbehalten, als mit jedem Athemzuge umgewechselt wird. Die Zusammensetzung dieser Luft ist natürlich weder die der Einathmungsluft, noch jene der Blutgase, sie muss vielmehr innerhalb gewisser Grenzen die der jeweiligen Ausathmungsluft sein.

Mittlere Mengen der innerhalb gewisser Zeiten von den Lungen aufgenommenen und ausgeschiedenen Stoffe.

Mittlere Mengen der innerhalb gewisser Zeiten von den Lungen aufgenommenen und ausgeschiedenen Stoffe.

Absolute Mengen des absorbirten Sauerstoffs und der ausgeschiedenen Kohlensäure.

Ueber die, innerhalb gewisser Zeiträume aufgenommenen Sauerstoff- und ausgeschiedenen Kohlensäuremengen, sind von verschiedenen Beobachtern zahlreiche Versuche angestellt. Wir geben in Nachstehendem eine von Valentin, nach den Daten von Andral und Gavarret entworfene Tabelle über die innerhalb 1 und 24 Stunden von verschiedenen Individuen durch die Respiration aufgenommenen Sauerstoff- und ausgeschiedenen Kohlenstoffmengen in Grammen, die wir nur insoferne vervollständigt haben, als wir die den Kohlenstoffwerthen entsprechenden Kohlensäurewerthe hinzugefügt haben. Nach dem Angeführten bedarf es übrigens kaum noch der Erörterung, dass diese Zahlen nur bedingt brauchbar sind und gewissermaassen nur als Beispiele dienen können, da nicht allein die Verhältnisse der Respirationsorgane, sondern auch die des Gesammtorganismus auf die absoluten Mengen aufgenommener und ausgeschiedener Stoffe vom bestimmendsten Einflusse sein müssen.

Individuen und Alter	Mittleres Körpergewicht in Kilo	Gewichtsmengen						Volummengen			
		Ausgeschiedener Kohlenstoff in Gramm		Ausgeschiedene Kohlensäure in Gramm		Absorbirter Sauerstoff in Gramm		Ausgesch. Kohlensäure im Liter bei 0^0 und 760^{mm} B. St.		Absorbirter Sauerstoff im Liter bei 0^0 und 760^{mm} B. St.	
		in 1 St.	in 24 St.	in 1 St.	in 24 St.	in 1 St.	in 24 St.	in 1 St.	in 24 St.	in 1 St.	in 24 St.
8 Jahr	22·26	5·0	120·8	18·3	442·9	15·613	374·704	9·30	225·16	8·63	207·22
15 „	46·41	8·7	208·8	31·9	765·6	27·166	651·984	16·21	389·22	18·91	453·89
16 „	53·39	10·8	259·2	39·6	950·4	33·723	809·360	20·13	483·17	23·48	563·42
18 und 20 „	61·26 und 60·5	11·4	273·6	41·8	1003·2	35·599	854·324	21·25	510·01	24·78	594·79
20 „ 24 „	65·0 „ 68·8	12·2	292·8	44·7	1073·6	38·094	914·280	22·72	545·81	26·52	636·47
40 „ 60 „	68·8 „ 65·5	10·1	242·4	37·0	888·8	31·537	756·888	18·81	451·85	21·95	526·92
60 „ 80 „	65·5 „ 61·2	9·2	220·8	33·7	809·6	28·727	689·448	17·13	411·59	20·00	479·98

Diese Tabelle zeigt vor Allem, wie bedeutend sich der durch die Lunge vermittelte Gasaustausch auch gewichtlich gestaltet; sie ergiebt ferner constant einen Ueberschuss von absorbirtem Sauerstoff gegenüber dem mit der Kohlensäure austretenden, wie nachfolgende Gegenüberstellung anschaulich macht:

Ueberschuss von absorbirtem Sauerstoff.

In 24 Stunden in der Kohlensäure ausgeschiedener Sauerstoff in Gramm	In 24 Stunden absorbirter Sauerstoff in Gramm	Ueberschuss des absorbirten Sauerstoffs über den in der Kohlensäure austretenden in Gramm
322·1	374·704	52·604
556·8	651·954	95·154
691·2	809·360	118·160
729·6	854·324	124·724
780·8	914·280	133·480
646·4	756·888	110·488
588·8	689·448	100·648

Man sieht hieraus, dass die Differenz am bedeutendsten ist, wo die grösste Menge Kohlensäure ausgeschieden wird, wo demnach überhaupt ein lebhafterer Umsatz, auch des Wasserstoffs stattfindet.

Die von Speck bei Versuchen an sich selbst erhaltenen Zahlen stimmen mit den von Valentin zusammengestellten gut überein, wie nachstehende Tabelle erweist:

Körpergewicht 57 bis 58 Kilo	Gewichtsmengen								
	Kohlenstoff in Gramm			Kohlensäure in Gramm			Absorb. Sauerstoff in Gramm		
	in 1 M.	in 1 St.	in 24 St.	in 1 M.	in 1 St.	in 24 St.	in 1 M.	in 1 St.	in 24 St.
Maximum . . .	0·196	11·76	282·24	0·717	43·02	1032·48	0·533	31·98	767·52
Minimum . . .	0·146	8·76	210·24	0·535	32·10	770·40	0·461	27·66	563·84
Mittel	0·169	10·26	246·24	0·619	37·56	901·44	0·518	29·82	665·68

Volumensmengen

Körpergewicht 57 bis 58 Kilo	Kohlensäure im Liter bei 0° und 760^{mm} B. St.			Absorb. Sauerstoff im Liter bei 0° und 760^{mm} B. St.			Eingeathmete Luft im Liter bei 0° und 760^{mm} B. St.			Ausgeathm. Luft im Liter bei 0° und 760^{mm} B. St.		
	in 1 M.	in 1 St.	in 24 St.	in 1 M.	in 1 St.	in 24 St.	in 1 M.	in 1 St.	in 24 St.	in 1 M.	in 1 St.	in 24 St.
Maximum .	0·364	21·84	524·16	0·372	21·32	511·68	8·05	482·76	11576·24	8·05	483·0	11592
Minimum .	0·271	16·26	390·24	0·322	19·32	463·68	7·11	426·48	9235·52	7·07	424·2	10180·8
Mittel . .	0·314	19·05	457·20	0·361	20·32	487·68	5·53	454·62	10905·85	7·48	453·6	10886·4

Das Verhältniss der eingeathmeten zur ausgeathmeten Luft fand Speck im Mittel wie 1000 : 996; das Verhältniss des aufgenommenen zu dem in der Kohlensäure ausgeschiedenen Sauerstoff wie 100 : 869; der nicht zur Oxydation von Kohlenstoff verbrauchte Sauerstoff betrug per Minute: 0·010 bis 0·086, im Mittel 0·068 g.

Liebermeister schied per Stunde 32·8 bis 33·4 g Kohlensäure aus; J. Ranke bei gemischter Kost (Körpergewicht 72 Kilo, Alter 24 J.) per Stunde 31·5 bis 33 g Kohlensäure = 8·6 bis 9·0 g Kohlenstoff; Panum erhielt per Stunde im Mittel 34 g Kohlensäure = 9·23 Kohlenstoff (Max. 37, Min. 30·6 g Kohlensäure). Alle diese Zahlen stimmen mit den von Andral und Gavarret, sowie anderen Beobachtern erhaltenen, unbeschadet der individuellen Verschiedenheiten ziemlich gut überein.

Die mit einem Athemzuge ausgeschiedene Kohlensäure bietet solche Schwankungen dar, dass Mittelzahlen kaum gegeben werden können, denn die Werthe differiren um mehr als das Doppelte; die Gründe werden wir später kennen lernen; die Thatsache selbst macht nachstehende, den Untersuchungen von Brunner und Valentin entlehnte Tabelle anschaulich:

Ausgeschiedene Kohlensäure für einen Athemzug.

Zahl der Athemzüge in der Minute	Absolute Menge der Kohlensäure für 1 Minute in Gramm	Absolute Menge der Kohlensäure für 1 Athemzug in Gramm
17	0·6200	0·0365
12	0·6654	0·0554
12	0·6726	0·0560
8	0·6264	0·0783

Man ersieht aus dieser Tabelle, dass die für 1 Minute entfallenden Kohlensäuremengen viel geringere Differenzen zeigen, als die für einen Athemzug, und mit der Zahl der Athemzüge in umgekehrtem Verhältnisse stehen; je mehr Athemzüge in der Zeiteinheit gemacht werden, desto geringer die Menge der Kohlensäure für den einzelnen Athemzug und umgekehrt.

Absolute Stickstoffmengen.

Für die absoluten Stickstoffmengen, die ausgeschieden werden, sind die Werthangaben sehr differirend und nicht genügend, um daraus mit Sicherheit ein Plus von Stickstoff in der Exspirationsluft abzuleiten.

Mittlere procentische Zusammensetzung der ausgeathmeten Luft.

Ueber die mittlere procentische Zusammensetzung der trockenen Ausathmungsluft haben Brunner und Valentin an sich und anderen Individuen zahlreiche Versuche angestellt. Wir geben in nachstehender Tabelle das Maximum, das Minimum und das Mittel der in 34 Analysen gefundenen Werthe.

	Volumenprocente			Gewichtsprocente		
	Kohlensäure	Sauerstoff	Stickstoff	Kohlensäure	Sauerstoff	Stickstoff
Maximum	5·495	17·246	80·304	8·185	18·767	76·834
Minimum	3·299	14·968	78·890	6·968	16·200	75·151
Mittel aus 34 Analysen	4·380	16·033	79·587	6·546	17·373	76·801

Absolute Mengen des ausgeschiedenen Wassers.

Die Menge von Wasser, welche die Ausathmungsluft enthält, variirt in so hohem Grade, dass es äusserst schwer ist, selbst nur annähernd verwerthbare Mittelzahlen in dieser Beziehung zu finden. Brunner und Valentin ziehen aus ihren Versuchen den Schluss, dass die Quantität von Wasser, welche durch die ausgeathmete Luft im Ganzen fortgeführt, nicht aber von dem Blute allein geliefert wird, bei erwachsenen männlichen Individuen für 24 Stunden ungefähr zwischen 288 und 860 g zu schwanken vermag. Aus einer Reihe von Untersuchungen haben die genannten Beobachter die folgende Tabelle entworfen.

	In der Exspirationsluft enthaltene Wassermenge in Gramm		
	in 1 Minute	in 1 Stunde	in 24 Stunden
Maximum	0·592	35·520	852·480
Minimum	0·203	12·180	292·320
Mittel	0·345	20·694	506·656

Mit diesem Mittel stimmen die Zahlen Gréhant's sehr gut überein, der bei 17 Athemzügen in 1 Minute, die für diese Zeit ausgeschiedene Menge Wasserdampf 0·391 g betragend fand und unter der Voraussetzung, dass das ausgeathmete Luftvolumen für + 35° C. gesättigt sei, auf 0·383 g berechnete (vergl. S. 753).

Schwankungen in den Mengen der ausgeschiedenen Kohlensäure unter physiologischen Bedingungen.

Schwankungen der Kohlensäureausscheidung.

Hierüber sind von Vierordt, Valentin und Brunner, Becher, Pettenkofer und Voit, Speck, Lossen, Berg, Panum, Sanders-Ezn, Liebermeister, Gildemeister, v. Platen, Raoult, Pflüger, Dittmar Finkler und Oertmann, H. Schulz, Erler, G. Colasanti zahlreiche Untersuchungen angestellt.

Einfluss der Athembewegung.

a. Abhängigkeit der Kohlensäureausscheidung von der Athembewegung. Heute, nach den wichtigen Untersuchungen Pflüger's und seiner Schüler steht wohl die Mehrzahl der Physiologen auf dem von Pflüger vertretenen Standpunkte, wonach der Sauerstoffverbrauch in der lebendigen Zelle die Aufnahme des Sauerstoffs in das Blut und damit auch die Bildung und Ausscheidung der Kohlensäure regelt, sonach die Athembewegungen Folge, aber nicht Ursache des Stoffwechsels sind. Dies zugegeben, kann der Athmungsmodus: die Athemmechanik, keinen, oder einen nur höchst untergeordneten Einfluss auf die Bildung und demgemäss auch auf die Ausscheidung der Kohlensäure ausüben; denn im Ganzen und Grossen werden die Ausscheidungsgrössen von den Bildungsgrössen bedingt sein. Die Athemmechanik unter normalen physiologischen Verhältnissen wird sich stets dem jeweiligen Gange des Stoffwechsels anpassen. Anderseits aber ist nicht zu leugnen, dass durch willkürliche Variirung der Athemmechanik mit Bezug auf Zahl und Tiefe der Athemzüge in der Zeiteinheit, durch möglichst lange Zurückhaltung des Athems (gehemmtes Athmen) u. s. w. die Ausscheidung der bereits gebildeten Kohlensäure befördert oder beeinträchtigt werden kann, natürlich aber nur ganz vorübergehend, denn selbstverständlich wird nur derjenige Athmungsmodus auf die Länge vertragen, welcher dem Bedürfnisse entspricht. Selbstverständlich wird sich durch die Frequenz und Tiefe der Athemzüge vor Allem das procentische Verhältniss der Kohlensäure in der Exspirationsluft ändern können.

Versuche über den Einfluss der Athembewegungen auf die Kohlensäureausscheidung wurden von verschiedenen Physiologen (Vierordt, Speck, Berg, Lossen, Panum u. A.) angestellt, hauptsächlich zu dem Zwecke, um an die oben entwickelte Theorie des Gaswechsels den Maassstab der Thatsachen anzulegen. Soferne durch dieselben ein Einfluss der

Athembewegung auf den Gang des Stoffwechsels erwiesen sein sollte, sind sie durch neuere Untersuchungen als widerlegt zu erachten.

Einfluss der physikalischen Luftveränderungen.

b. Abhängigkeit der Kohlensäureausscheidung von der Temperatur und dem Drucke der atmosphärischen Luft.

Temperatur.

Mit der Erniedrigung der Lufttemperatur steigt die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure (Lavoisier, Letellier, Vierordt, Sanders-Ezn, Gildemeister, Speck). Den Werth dieses Einflusses macht nachstehende aus den Untersuchungen von Vierordt gezogene Tabelle anschaulich:

Mittlere Lufttemperatur 8·47° C.						Mittlere Lufttemperatur 19·40° C.					
Pulsschläge in 1 Minute	Athemzüge in 1 Minute	Exspirirtes Luftvolumen in 1 Minute in ccm	Kohlensäure in ccm in 1 Minute	Kohlensäure in 100 Vol. Exspirationsluft	Volumen einer Exspiration in ccm	Pulsschläge in 1 Minute	Athemzüge in 1 Minute	Exspirirtes Luftvolumen in 1 Min. in ccm	Kohlensäure in ccm in 1 Minute	Kohlensäure in 100 Vol. Luft	Volumen einer Exspiration in ccm
72·93	12·16	6672	299·3	4·28	548	71·29	11·57	6106	257·11	4·0	520·8

Dieses Gesetz wurde für Meerschweinchen von Colasanti bestätigt, und zwar bei nüchternen und bei verdauenden Thieren.

Nach den Versuchen von Gildemeister bewirkte die durch Nacktheit und Befeuchten mit Wasser hervorgerufene Wärmeentziehung bei Menschen ein Ansteigen der Kohlensäure von 30·8 auf 54 g in 1 Stunde. Aehnlich wirkten kalte Bäder und zwar um so mehr, je kälter das Bad. Das Ansteigen findet nur allmählich statt, hält aber einige Zeit an. Nacktheit allein hat bei niederer Lufttemperatur natürlich dieselbe Wirkung, bei hoher Lufttemperatur ist aber dieselbe gering.

Mit Erhöhung der Lufttemperatur sinkt die Menge der in der Zeiteinheit ausgeschiedenen Kohlensäure (Vierordt, Sanders-Ezn, Erler). Dieses Verhältniss wurde in mehreren hundert Versuchen am Menschen von Vierordt, bei Thieren (Kaninchen) von Sanders-Ezn und Erler ermittelt.

Muss man nach Allem eine beschleunigte Oxydation als die wesentliche Ursache der gesteigerten Kohlensäureausscheidung bei niederer Temperatur anerkennen, so könnte auch die gesteigerte Diffusionsgeschwindigkeit der Kohlensäure, aus dem immer nahezu gleich warmen Blute in die kalte Lungenluft, einen wenn auch geringen Antheil daran haben; denn nach Valentin's Beobachtungen ist bei niedriger Lufttemperatur auch die Ausathmungsluft noch um einige Grade kälter, als bei hoher Lufttemperatur.

Ueber den Gang der Kohlensäureausscheidung beim Athmen unter verstärktem Luftdruck sind an Menschen mehrfache Versuche angestellt (St. Sage, Hensen, v. Vivenot, Panum, Gg. v. Liebig), die Resultate derselben aber ungemein schwankend. Die Angabe Gg. v. Liebig's, dass bei einem Ueberdrucke von 320 mm die Sauerstoffaufnahme zu-, die Kohlensäureausscheidung aber abnehme, widerspricht den theoretischen Prämissen so sehr, dass man nicht umhin kann, in der Methode den Grund der Resultate zu suchen. Panum giebt an, dass beim Athmen in comprimirter Luft die ausgeschiedenen Kohlensäurequantitäten mit der durch die Compression bedingten Zunahme der geathmeten Luftmasse ansteigen, jedoch nicht proportional, sondern schwächer. Eine Nachwirkung der pneumatischen Luftbäder konnte er nicht beobachten, während Vivenot *jun.* gefunden hatte, dass bei einer Vermehrung des normalen Luftdrucks um $^3/_7$ oder um etwa 300 mm, wie er in dem zu Heilzwecken verwendeten Tabarié'schen pneumatischen Apparate erzielt wird, die Lunge eine auch nach dem Luftbade andauernde Vermehrung ihrer vitalen Capacität erfahre, so dass grössere Luftmengen durch die Respiration aus und ein befördert würden; die Zahl der Athemzüge in der Zeiteinheit nehme ab, aber ihre Tiefe bedeutend zu.

Abnahme des Luftdrucks bis zu einer gewissen Grenze (Alpenhöhen) soll raschere Athemfolge, ausgiebigere Ventilation und Vermehrung der Kohlensäureausscheidung zur Folge haben (Gg. v. Liebig).

Umfangreiche Versuchsreihen über den Einfluss grosser Druckdifferenzen auf die Respiration von Thieren (Ratten, Sperlinge, Frösche) liegen von Bert vor. Sie fallen ausserhalb des Rahmens physiologischer Verhältnisse, und mag es daher genügen auf sie hinzuweisen. Es handelt sich um Druckdifferenzen bis zu 20 Atmosphären.

Einfluss der Blutmischung.

c. Abhängigkeit der Kohlensäureausscheidung von der Blutmischung. Die Theorie verlangt, dass alles Andere gleichgesetzt, die Ausscheidung der Kohlensäure beschleunigt werden muss, wenn sich dieses Gas in Folge einer gesteigerten Kohlensäurebildung in den Geweben anhäuft. Es ist aber klar, dass auf die Verhältnisse der Kohlensäurebildung zunächst Qualität und Quantität der Nahrung, sowie alle jene Momente, welche erfahrungsgemäss den Stoffwechsel beschleunigen, von Einfluss sein werden. Die experimentelle Prüfung dieser theoretischen Postulate wird dadurch erschwert, weil zuerst zu eruiren wäre, ob die gesteigerte Ausscheidung auch wirklich Folge einer gesteigerten Bildung ist; dies lässt sich auf directem Wege nicht erreichen, da wir den Kohlensäuregehalt des lebenden Blutes nicht direct bestimmen können; auf indirectem Wege aber haben Vierordt und Becher bei ihren Versuchen den auf die vermehrte Kohlensäurebildung entfallenden Werth der ausgeschiedenen Menge dieses Gases eruirt.

Becher benutzt als ein proportionales Maass für die Anhäufung der Kohlensäure im Blute den procentischen Kohlensäuregehalt, welchen ein gleich

grosses Luftvolumen annehmen kann, das zu verschiedenen Zeiten von demselben Individuum eingeathmet und gleich lange in der Lunge zurückgehalten wurde, nachdem der Brustkorb jedesmal vor der Einathmung durch eine tiefe Exspiration auf das geringste Maass seines Inhaltes zurückgebracht wurde; ändert sich unter so gleichen Bedingungen der procentische Kohlensäuregehalt der Ausathmungsluft, so kann dies nur daher rühren, weil die Spannung der Kohlensäure im Blute selbst veränderlich war. Vierordt dagegen bestimmte die in gleichen Zeiten ausgeschiedenen absoluten Gewichtsmengen der Kohlensäure. Stellte sich heraus, dass während eines gewissen Zeitraums das in der Zeiteinheit ausgegebene Kohlensäuregewicht vermehrt oder vermindert, der Kohlensäuregehalt des Individuums aber zu Beginn und zu Ende des erwähnten Zeitraums gleich geblieben war, so war selbstverständlich die Kohlensäurebildung zeitweise verändert. Einen gleichen Kohlensäuregehalt des Individuums nahm Vierordt dann an, wenn die Lunge in je zwei Zeiteinheiten gleiche Kohlensäuremengen ausgiebt, während die Folge und der Umfang der Athembewegungen dieselben sind.

Bei der Beurtheilung des Einflusses der Blutmischung, oder besser des Kohlensäuregehaltes des Blutes auf die Ausscheidung der Kohlensäure kommt übrigens auch noch der Umstand in Betracht, dass die durch vermehrte Bildung in den Geweben im Blute sich anhäufende Kohlensäure nach den Versuchen von Becher keineswegs so rasch abströmt, als sie zufloss. Die sich auf diese Verhältnisse beziehenden und die Theorie bestätigenden Thatsachen sind folgende:

Nahrungsentziehung.

1) Bei Nahrungsentziehung, beim Hungern, sinkt die Menge der in der Zeiteinheit ausgeschiedenen Kohlensäure stetig, anfangs langsamer, gegen das Ende zu aber rascher (Letellier, Boussingault, Schmidt, Regnault und Reiset, Pettenkofer und Voit, J. Ranke). Schon das Ausfallen einer einzigen Mahlzeit setzt die Kohlensäureausscheidung nicht unerheblich herab. Nach zehntägigem Hungern eines Hundes fanden Pettenkofer und Voit als Minimum für die 24stündige Kohlensäuremenge 289·4 g, während sie bei demselben 32 Kg schweren Hunde bei sehr reichlicher Fütterung 840·4 g betrug. J. Ranke beobachtete an sich selbst nach 24stündigem Hungern ebenfalls constant eine Verminderung der Kohlensäureausscheidung, welche aber keineswegs im Verhältnisse zur Abnahme der Harnstoffausscheidung stand, was Pettenkofer und Voit auch für den Hund geltend fanden. Es muss jedoch bemerkt werden, dass sich alle von Pettenkofer und Voit, sowie von J. Ranke hier angeführten Versuche auf den Gesammtgaswechsel beziehen, auf den wir weiter unten zurückkommen. Die Differenz der Kohlensäureabgabe bei Nahrungszufuhr und beim Hungern wird endlich beträchtlich kleiner, wenn der Hunger mit gleichzeitiger körperlicher Arbeit verbunden ist (Pettenkofer und Voit).

Dass übrigens die Kohlensäureausscheidung als ein Product der lebensnothwendigen chemischen Processe bis zum Tode fortschreitet, bedarf keiner Erörterung.

Qualität der Nahrung.

2) Bei einem Nahrungsmaass, welches das mittlere Körpergewicht unverändert erhält, kann die ausgeschiedene

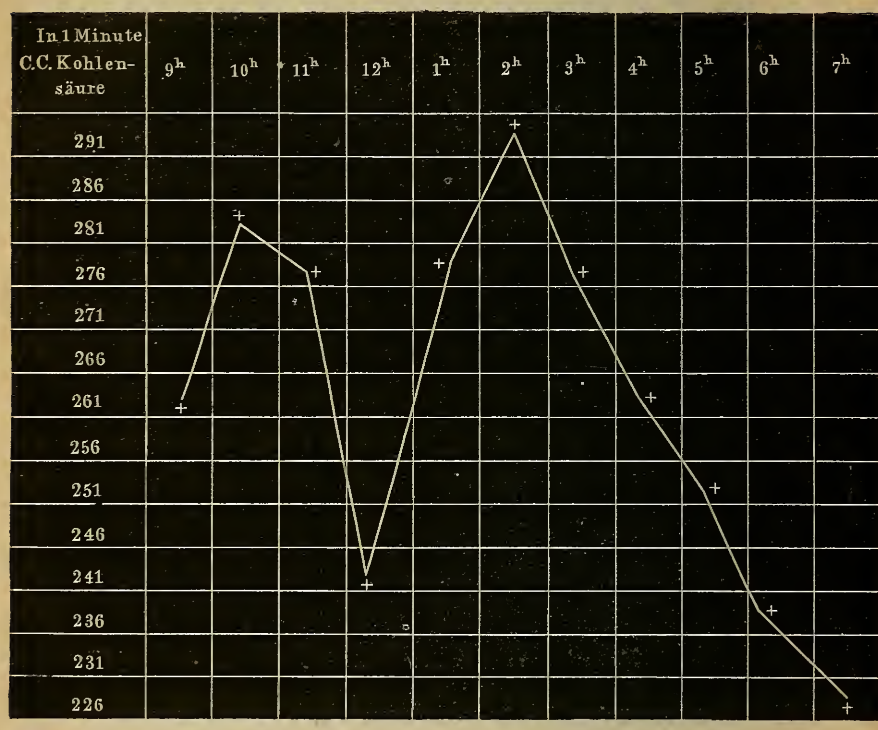
Kohlensäuremenge, je nach Menge und Qualität der Nahrung, ziemlich bedeutende Schwankungen zeigen. Wenngleich sie zu dem Kohlenstoffgehalte der Nahrung stets in einem gewissen Verhältnisse stehen wird, so ist dies doch kein so einfaches, dass ihre Menge als directes Maass für die Grösse der thierischen Oxydation zu verwerthen wäre; denn wir sehen, dass von dem aufgenommenen Sauerstoff bald grössere, bald geringere Mengen in der ausgeathmeten Kohlensäure wieder erscheinen, weil nämlich der Sauerstoff nicht blos zur Oxydation des Kohlenstoffs, sondern auch zu jener des Wasserstoffs derjenigen Gewebs- und Blutbestandtheile, deren Sauerstoff nicht hinreicht, um mit dem ersteren Wasser zu bilden, verwendet wird und andererseits, weil die Eiweisskörper nicht geradeauf in die einfachen Sauerstoffverbindungen ihrer Elemente zerfallen, sondern vielmehr ihr Stickstoff mit einem Antheil Kohlenstoff und Wasserstoff in der Form von Harnstoff, Harnsäure u. s. w. sich abspaltet und durch die Nieren ausgeschieden wird. Im Allgemeinen wird daher bei einer Nahrung mit Kohlehydraten mehr Sauerstoff in der Kohlensäure wieder austreten, als bei einer solchen aus Fleisch und Fett bestehend, womit im Allgemeinen die Erfahrung übereinstimmt. Allein bei ihren Untersuchungen über den Gesammtgaswechsel haben Pettenkofer und Voit gefunden, dass in der Kohlensäure desselben sogar ein bedeutendes Mehr von Sauerstoff austreten kann, als aufgenommen wurde und es fragt sich zunächst, wie dieses Plus von Kohlensäure zu erklären sei. Hierbei ist vor Allem ins Auge zu fassen, dass die durch Haut, Lunge und Darm austretende Kohlensäure, keineswegs ausschliesslich von einer Oxydation des Kohlenstoffs der umgesetzten Nahrung und Gewebe stammt; denn zu dieser addirt sich diejenige, welche durch Gährungsvorgänge im Darme, wie die Versuche von Planer und Ruge lehren, zu nicht unbedeutendem Betrage gebildet wird und ebensowohl durch den Darm selbst, wie auch in Folge von Diffusion, durch Haut und Lunge austreten kann; endlich kann auch die Möglichkeit nicht in Abrede gestellt werden, dass aus den Kohlehydraten u. s. w. der Nahrung, sich unter gewissen Bedingungen Kohlensäure abspalte, die sich nun ebenfalls zu der durch Oxydation gebildeten addirt. Aus Allem diesem ergiebt sich zur Genüge, dass das Verhältniss der ausgeschiedenen Kohlensäure zu dem Kohlenstoffgehalte und zur Menge der Nahrung noch nicht so aufgehellt ist, als es zu wünschen wäre.

Verdauung.

3) Kurze Zeit nach der Nahrungsaufnahme beginnt eine Vermehrung der Kohlensäureausscheidung, und scheint mit ihrem vollendeten Uebertritte in das Blut, 2 bis 3 Stunden nach der Mahlzeit, das Maximum zu erreichen. Die Steigerung der Kohlensäureausscheidung nach Nahrungsaufnahme ergiebt sich deutlich aus nachstehenden (Fig. 2 und 3 a. f. S.) graphischen Darstellungen Vierordt's, zu welchen zu bemerken ist, dass vor 9 Uhr ein Frühstück und um $1\frac{1}{2}$ Uhr ein Mittagsmahl genommen wurde.

Man sieht das Maximum der Kohlensäureausscheidung und das Maximum des ausgeathmeten Luftvolumens zusammenfallen, wie überhaupt beide Werthe einander nahezu gleichlaufen. Nach dem Frühstück giebt sich eine Steigerung kund, von da ab fällt der Werth constant bis 12 Uhr,

Fig. 2. Ausgeathmete Kohlensäure in einer Minute.



um nun rasch anzusteigen und um 2 Uhr das Maximum zu erreichen; von da aber fällt er wieder, um gegen 7 Uhr Abends seinen tiefsten Stand einzunehmen. Damit stimmen im Allgemeinen die Beobachtungen Becher's über die Schwankungen des Kohlensäuregehaltes des Blutes zu verschiedenen Tageszeiten überein, wie dies nachstehende, über die Zeit beschriebenen Curven beweisen. Die Ordinaten sind die zu den bezeichneten Zeiten beobachteten Kohlensäureprocente der Lungenluft. Von den beiden Curven (Fig. 4) stellt *ab* den Gang vor, wenn keine Nahrung genommen, *ac* dagegen, wenn um 1 Uhr ein gewöhnliches Mittagsmahl genossen wurde.

In den Versuchen von Becher fand das Maximum der Kohlensäureausscheidung um etwa eine Stunde später statt, als bei Vierordt. Bei einer Vergleichung der täglichen Harnstoffschwankungen S. 582 bemerkt

man sogleich, dass das Maximum der Kohlensäureausscheidung einige Stunden früher fällt, als das der Harnstoffausscheidung; beide Ausscheidungen und wahrscheinlich auch beide Bildungen, gehen demnach einander nicht genau parallel.

Fig. 3. Volumen der exspirirten Luft in einer Minute.

Nach den Versuchen von Berg, welcher das Ansteigen der Kohlensäureausscheidung nach der Mahlzeit bestätigt, sind Ventilationsgrösse und Kohlensäureausscheidung Vormittags am kleinsten, Abends am

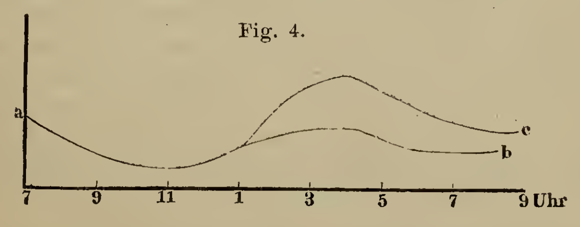


Fig. 4.

grössten. Von Einfluss auf die Kohlensäureausscheidung ist auch die Art der Nahrung. Nach Versuchen von Speck wird nach stark stickstoffhaltiger Nahrung das Verhältniss von Sauerstoff und Kohlensäure

so geändert, dass bei solcher Nahrung das Verhältniss des aufgenommenen Sauerstoffs und der ausgeschiedenen Kohlensäure 100 : 111, während es bei Zuckernahrung 100 : 135 ist, so dass im ersten Falle 19, im zweiten nur 2 Proc. Sauerstoff zur Oxydation von Wasserstoff übrig bleiben. Je mehr in der Nahrung der Kohlenstoff den Wasserstoff überwiegt, um so mehr Kohlensäure wird ausgeschieden.

Geistige Getränke, Thee etc.

4) Nach dem Genusse von geistigen Getränken, Thee, ätherischen Oelen soll die Kohlensäureausscheidung absolut und relativ vermindert sein (Vierordt, Prout, Perrin). Diese Erfahrung liesse sich bezüglich des Alkohols mit der Theorie insoferne in Einklang bringen, als der Alkohol eine wasserstoffreiche Substanz ist; doch stehen mit diesen Angaben Beobachtungen von E. Smith vielfach in Widerspruche, deren Lösung zukünftigen Untersuchungen überlassen bleiben muss. Nach Injection von milchsaurem und capronsaurem Natrium in das Blut von Kaninchen beobachteten Scheremetjewski und J. J. Müller Vermehrung der Kohlensäureausscheidung, ebenso nach Injection von Glycerin. Dagegen fielen mit ameisensauren, essigsauren und benzoësauren Salzen und mit Traubenzucker die Resultate negativ aus.

Einfluss der körperlichen Bewegung.

d. Abhängigkeit der Kohlensäureausscheidung von der Muskelthätigkeit. Nach körperlicher Bewegung wird, nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Scharling, Seguin, H. Hoffmann, E. Smith, Vierordt, Pettenkofer und Voit, und nach jenen von Speck, die in der Zeiteinheit ausgeschiedene Kohlensäure sehr bald vermehrt und erhält sich auf dieser Steigerung stundenlang, wenn die Bewegung eine anhaltende war (Vierordt). Dynamische Arbeit, d. h. Muskelbewegung (Heben von Gewichten) wirkt stärker wie statische (Tragen von Lasten) (Speck). Unmittelbar nach körperlicher Anstrengung nimmt das Athmen für einige Minuten den Typus des forcirten Athmens an; das Verhältniss der Sauerstoffaufnahme zur Kohlensäureausscheidung bleibt während der körperlichen Anstrengung das normale (Speck). Regnault und Reiset, J. Ranke und Sczelkow beobachteten nach Muskelanstrengung auch bei Thieren eine rasche Steigerung der Kohlensäureausscheidung. Nach den Versuchen von J. Ranke an Fröschen scheint auf die Vermehrung später eine Verminderung der Kohlensäureabgabe zu folgen, welche die erstere zu compensiren vermag; auf eine solche Verminderung nach der Muskelthätigkeit wurde in den Versuchen von Sczelkow, Regnault und Reiset keine Rücksicht genommen. Ruhe und gehinderte Bewegung (durch Fesseln der Thiere) setzt die Kohlensäureausscheidung herab (Liebermeister, Erler).

e. Abhängigkeit der Kohlensäureausscheidung von Alter, Geschlecht und anderen körperlichen Zuständen.

Alter und Geschlecht.

1) Uebereinstimmende Beobachtungen verschiedener Physiologen lehren, dass Männer durchschnittlich mehr Kohlensäure ausscheiden, als Frauen, und erwachsene Individuen mehr als Kinder.

Die Menge der täglich excernirten Kohlensäure steigt durchschnittlich bis zum 40. bis 45. Lebensjahre, und steht im Verhältnisse zur Entwickelung des Muskelsystems (Andral und Gavarret). Bei Kindern sind die täglich ausgeschiedenen Kohlensäuremengen geringer, als bei Erwachsenen; berechnet man aber die ausgeschiedenen Mengen auf gleiches Körpergewicht, so ergiebt sich, dass Kinder fast doppelt so viel Kohlensäure produciren, als Erwachsene (Scharling). Alles dies gilt auch für Thiere (Regnault und Reiset). Diese Verhältnisse macht nachstehende, C. G. Lehmann entlehnte und nach directen Versuchen berechnete Tabelle anschaulich.

Individuen	Alter	Körpergewicht in Kilo	In 1 Stunde excernirte Kohlensäure in Gramm	Von 1000 Gramm Körpergewicht in 1 Stunde excernirte Kohlensäure
Knabe	9¾ Jahre	22·0	20·338	0·9245
Mädchen . . .	10 „	23·0	19·162	0·8831
Jüngling . . .	16 „	57·75	34·280	0·5887
Jungfrau . . .	17 „	55·75	25·342	0·4546
Mann	28 „	82·00	36·623	0·4466
Frau	35 „	65·50	33·530	0·5119

Durch die Entdeckung Zweifel's, dass das Blut des Nabelstranges menschlicher Embryonen Sauerstoff führe, ist die Existenz eines Gaswechsels, einer Respiration für den Säugethierfötus dargethan. Gegen die von Zweifel ausgesprochene Ansicht, dass der Fötus relativ ebensoviel Sauerstoff consumire, wie das geborene Kind, ist N. Zuntz aufgetreten. Jedenfalls sind unsere Kenntnisse von der fötalen Respiration noch zu gering, um weitgehende Schlussfolgerungen zu gestatten.

Schlaf und Wachen.

2) Während des Schlafes findet Verminderung der Kohlensäureausscheidung statt (Scharling, Pettenkofer und Voit, Liebermeister). Bei den Versuchen von Liebermeister sank während des Schlafes die Kohlensäureausscheidung per Stunde von 32·8 bis 33·4 g auf 24·6 g. Ein von Pettenkofer und Voit auf Grund einiger Versuche angenommener Antagonismus zwischen Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung bei Tag und Nacht fand in späteren Versuchen keine Bestätigung.

3) Singen, sowie anhaltendes Sprechen (Vorlesen) bewirkt nicht unerhebliche Vermehrung der Kohlensäureausscheidung (Liebermeister); in den Versuchen von Liebermeister stieg die Kohlensäureausscheidung für eine Stunde von 32·8 bis 33·4 g, durch Vorlesen auf 37·4 bis 37·8 g, durch Singen auf 40·4 bis 41·6 g.

Einfluss der Körpertemperatur.

f. Abhängigkeit der Kohlensäureausscheidung von der Körpertemperatur. Für Warmblüter ist durch H. Erler, für Kaltblüter durch H. Schulz nachgewiesen, dass Kohlensäureabgabe und Körpertemperatur einander parallel gehen. Bei Kaninchen bewirkte erhöhte Umgebungstemperatur (+ 24 bis + 42 ° C.), sobald dadurch die Körpertemperatur des Thieres sich erhöht hatte, Ansteigen der Kohlensäureausscheidung. Stieg aber die Körperwärme des Thieres über + 39·4°, so trat constant eine bedeutende Herabsetzung der Kohlensäureausscheidung ein, wahrscheinlich bedingt durch Beeinträchtigung der Respiration. Die schon früher von Marchand und von Moleschott auf Grund allerdings nicht völlig beweiskräftiger Versuche ausgesprochene Ueberzeugung, dass der Stoffwechsel der Kaltblüter mit Erhöhung ihrer Temperatur wachse, wurde von H. Schulz exacter begründet. Er fand, dass der Stoffwechsel der Frösche direct von ihrer Temperatur abhänge. Die bei 0 ° producirte Kohlensäuremenge war äusserst gering; bei + 33 bis + 35 ° dagegen kam der Stoffwechsel jenem des Menschen gleich und betrug pro Kilo und Stunde 279·4, 340·48, 325·05 ccm Kohlensäure bei 0° und 0·76 mm Druck. Das Thier ist aber nicht im Stande, eine derartige Temperatur länger zu ertragen. Die obere Grenze für das Leben der Frösche liegt etwa bei + 30 ° C.

Einfluss von Sinnesreizen.

g. Abhängigkeit der Kohlensäureausscheidung von Sinnesreizen, zunächst von Reizung der Retina (Lichteinwirkung). Von der Ansicht ausgehend, dass der wache Zustand des Gehirns eine continuirliche Reizung fast aller centrifugalen Nerven, und demgemäss Steigerung des Stoffwechsels bedinge, hat Pflüger Versuche veranlasst, die entscheiden sollten, ob Abhaltung jeder Reizung der Retina allein schon, also die Abhaltung des Lichteindruckes Abnahme der Kohlensäureausscheidung zur Folge habe. Diese, durch v. Platen an Kaninchen ausgeführt ergaben in der That im Lichte grössere Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe, wie im Dunkeln. Der gleiche Einfluss wurde von Fubini für die Perspiration der Batrachier nachgewiesen.

Curarevergiftung.

h. Verlangsamung des Stoffwechsels und Verminderung der Kohlensäureausscheidung ist Folge der Curarevergiftung, soferne die Dosen so klein gewählt werden, dass sie eben hinreichen, die Muskelbewegungen zu beseitigen. Die Verminderung der Kohlensäureabgabe ist unabhängig von dem Athmungsmodus, denn sie findet auch statt bei gleichmässiger künstlicher Respiration (Zuntz). Die unmittelbare

Ursache scheint die Aufhebung der Wirkung der motorischen Nerven zu sein (Röhrig und Zuntz).

i. Abhängigkeit der Kohlensäureausscheidung von der Zusammensetzung und den Eigenschaften der Einathmungsluft. Da die atmosphärische Luft als solche keine bemerkbaren Schwankungen ihrer Zusammensetzung zeigt, wenn wir von ihrem wechselnden Wassergehalte absehen, so kann nur von Gasgemengen hier die Rede sein, deren Zusammensetzung von jener der atmosphärischen Luft qualitativ oder quantitativ wesentlich abweicht, oder von Versuchen mit einfachen Gasen, insoferne dieselben überhaupt respirabel sind. Derartige Versuche fallen zwar bereits ausserhalb der physiologischen Grenzen, haben aber mehrfach praktisches Interesse.

Einfluss der Zusammensetzung der Einathmungsluft.

1) In einer Atmosphäre, deren Kohlensäuregehalt ein erheblich grösserer ist, als jener der reinen atmosphärischen Luft, wird die Kohlensäureausscheidung constant vermindert sein, und zwar geht die Hemmung derselben proportional dem Gehalte der Luft an Kohlensäure. Wir haben bereits weiter oben S. 760 erörtert, wie dies W. Müller experimentell nachgewiesen hat, und nach dem Erörterten bedarf das „Warum" dieser Erscheinung auch keiner Erläuterung mehr; sie steht in vollkommenstem Einklange mit den Diffusionsgesetzen und der darauf basirten Theorie der Respiration. Eine Anhäufung der Kohlensäure in der Luft, wie diese in schlecht ventilirten Räumen, auf Schiffen, in Dunsthöhlen, Gährungskellern erfolgen kann, wird sonach immer eine Anhäufung derselben im Blute zur Folge haben, wenn in einem derartigen Luftgemenge geathmet wird. Eine solche Anhäufung ist aber physiologisch gleichbedeutend mit der Unterdrückung einer Excretion; durch die Sättigung mit Kohlensäure verliert das Blut allmählich die Fähigkeit, den ungestörten Verlauf der übrigen Lebensfunctionen zu vermitteln; auch scheint die Kohlensäure als ein directes Narkoticum das Nervensystem zu afficiren. Die Frage, bis zu welcher Grenze der Kohlensäuregehalt der Luft ansteigen kann, ohne das Leben des athmenden Individuums zu gefährden, haben wir bereits S. 65 erörtert. Wenn in neuester Zeit Speck auf Grund seiner Versuche angiebt, dass die Kohlensäureausscheidung mit dem Kohlensäuregehalte der Inspirationsluft wachse, so steht diese Angabe nicht nur mit den theoretischen Prämissen, sondern auch mit den Erfahrungen anderer Beobachter wie Raoult in Widerspruch.

Vermehrung der Kohlensäure in der Einathmungsluft.

2) Eine Vermehrung des Sauerstoffgehaltes der Einathmungsluft soll nach den Erfahrungen von Allen und Pepys die Kohlensäureausscheidung steigern; damit sind aber die Beobachtungen von W. Müller im Widerspruch, ebenso auch die von Lavoisier und Seguin und jene von Regnault und Reiset. Letztere fanden, dass, wenn die Einathmung einer sehr sauerstoffreichen Luft einen Tag lang fortgesetzt wurde, der Werth der mit der Exspiration ausgeschiedenen

Vermehrung des Sauerstoffgehalts der Einathmungsluft.

Kohlensäure kein höherer war, als für einen Tag, an welchem gewöhnliche atmosphärische Luft eingeathmet wurde. Da Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung in keinem directen Zusammenhange stehen, und da die Oxydation einer chemischen Verbindung, vorausgesetzt, dass der dazu nöthige Sauerstoff überhaupt vorhanden ist, durch einen Ueberschuss von Sauerstoff keineswegs beschleunigt wird, so müssen die Beobachtungen von Allen und Pepys wohl auf einem Irrthume beruhen, oder es müssen andere Gründe der Kohlensäurevermehrung in ihren Versuchen obgewaltet haben.

Athmen in reinem Sauerstoffgase.

Auch haben schon Lavoisier und Seguin und später Regnault und Reiset sowie W. Müller beobachtet, dass das Athmen in reinem Sauerstoffe gerade so vor sich geht, wie in gewöhnlicher atmosphärischer Luft, ohne dass die Versuchsthiere irgend welche besondere Erscheinungen darböten, während in neuerer Zeit Demarquay und Léconte bei Hunden, nach Einathmung grösserer Mengen reinen Sauerstoffs, grössere Lebhaftigkeit und vermehrten Appetit wahrzunehmen glaubten (?)

Vermehrung des Stickstoffgehalts der Einathmungsluft.

3) Eine Vermehrung des Stickstoffgehaltes der Einathmungsluft soll eine Verminderung der Kohlensäureausscheidung zur Folge haben (Coutenceau, Nysten). Die Richtigkeit dieser Angabe wäre zu prüfen, jedenfalls kann die Theorie eine Erklärung dafür vorläufig nicht geben.

Athmen in einem Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff.

4) In einer künstlichen Atmosphäre, welche anstatt des Stickstoffs Wasserstoff, aber ebensoviel Sauerstoff als gewöhnliche Luft enthält, geht das Athmen ebenfalls ganz normal von statten (Regnault und Reiset). Dies steht mit Bezug auf die Kohlensäureausscheidung mit der Theorie nicht im Widerspruche, deutet übrigens jedenfalls darauf hin, dass die Rolle des Stickstoffs im Respirationsprocesse vorwiegend eine passive ist.

Athmen im Lustgase.

5) Einathmen von Stickoxydulgas soll eine vermehrte Kohlensäureausscheidung zur Folge haben (Davy, Ph. Zimmermann); bei der specifischen Wirkung, welche dieses Gas auf Gefäss- und Nervensystem äussert, könnte die vermehrte Kohlensäureexcretion eine Folge des beschleunigten Blutumlaufes und beschleunigter Athembewegungen sein. Aus den Versuchen von L. Hermann ergiebt sich aber, dass reines Stickoxydulgas nur wenige Augenblicke eingeathmet werden kann, indem bei Thieren und Menschen dem bekannten Rausche Asphyxie folgt. Diese aber, sowie überhaupt die Anästhesie, ist bedingt durch Sauerstoffmangel im Blute (Jolyet und Blanche). Daher die bei der Anwendung des Lustgases als Anästheticum so rasch eintretenden cyanotischen Erscheinungen. Eine Mischung von 4 Vol. Stickoxydul dagegen und 1 Vol. Sauerstoff soll ohne Gefahr eingeathmet werden können; doch tritt auch hier schon nach $1^1/_2$ bis 2 Minuten der Rausch ein.

6) Ein geringer Zusatz von Kohlenoxyd zur Einathmungsluft (0·55 Proc. Leblanc, 0·6 Proc. Cl. Bernard) hebt die Respirationsthätigkeit völlig auf und zwar stellen sich nach den Versuchen von Gréhant die Folgen der Absorption dieses giftigen Gases schon in der ersten Minute des Einathmens desselben ein. Wir werden den Grund dieser Erscheinung weiter unten erörtern, vgl. übrigens S. 156.

Athmen einer Kohlenoxyd enthaltenden Luft.

Schwankungen in den absorbirten Mengen von Sauerstoff unter physiologischen Bedingungen.

a. Verhältnisse der Sauerstoffabsorption und des Sauerstoffgehaltes der Lungenluft. Vermehrter Verbrauch des Sauerstoffs in den Capillaren hat vermehrte Sauerstoffabsorption in den Lungen zur Folge, denn der Oxydationsprocess in der lebendigen Zelle regulirt die Athmung. Die Sauerstoffabsorption ist daher unabhängig von der Athemmechanik (Pflüger), sowie von der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes (Dittmar Finkler). In dem lebenswarmen Blute ist immer freier Sauerstoff, der nicht erst gelockert zu werden braucht, denn das Oxyhämoglobin zersetzt sich sofort und macht Sauerstoff frei, sowie es sich in einem sauerstofffreien Raume befindet. Hierauf beruht das beständige Abströmen des Blutes aus den Capillaren nach den Geweben, die continuirlich Sauerstoff in feste Verbindungen überführen. Sobald die Tension des Sauerstoffs unter eine gewisse Grenze gesunken ist, zerlegt sich neues Oxyhämoglobin, so dass mithin die Quantität von den Blutkörperchen gelieferten Sauerstoffs proportional seinem Verbrauche in den Geweben steigt. Hierdurch erledigt sich die Frage, ob die Sauerstoffabsorption von dem Sauerstoffgehalte der eingeathmeten Luft irgendwie abhängig sei, von selbst. Von einer Abhängigkeit wird nur insoferne die Rede sein können, als der Sauerstoffgehalt der Inspirationsluft so sehr vermindert wäre, dass er nicht mehr hinreichte, das Bedürfniss zu decken. Es ist klar, dass wenn der Sauerstoff so vermindert wird, dass sich Affinität der Blutkörperchen und Expansionsbestreben des Sauerstoffs das Gleichgewicht halten, von einer weiteren Sauerstoffabsorption nicht mehr wird die Rede sein können, und daher die Respiration geradezu aufhören muss; aber auch eine bis über eine gewisse Grenze gehende Abnahme der Absorptionsgeschwindigkeit wird von nachtheiligen Folgen sein müssen, da unter diesen Voraussetzungen der Bedarf des Körpers an Sauerstoff nur unvollkommen gedeckt würde.

Aus diesen Erwägungen ergiebt sich die praktisch bedeutsame Frage, welche Mengen von Sauerstoff in einer Atmosphäre enthalten sein müssen, damit das Leben ungestört erhalten werden könne. Hierüber haben W. Müller und Regnault und Reiset in ihren Resultaten übereinstimmende Beobachtungen gemacht. Dieselben haben im Wesentlichen ergeben, dass ein Sauerstoffgehalt der Einathmungsluft von 14·8

Welcher Sauerstoffgehalt der Luft zur Erhaltung des Lebens der Thiere als Minimum zu betrachten ist.

Proc., also von ungefähr $^2/_3$ derjenigen Menge, welche die gewöhnliche atmosphärische Luft enthält, ohne wesentlichen Einfluss auf den Respirationsprocess ist; sinkt der Sauerstoffgehalt aber auf etwa 7 Proc., so macht sich durch das Eintreten tiefer Athemzüge eine Störung bemerklich; bei 4·5 Proc. Sauerstoff ging das Athmen nur sehr schwer von Statten und bei einem Gehalte von nur 3 Proc. erfolgte der Tod des Thieres ziemlich rasch (W. Müller). Regnault und Reiset fanden, dass ein unter 10 Proc. sinkender Sauerstoffgehalt der Einathmungsluft schon beschwerliches Athmen veranlasste, welches sich bei weiterer Abnahme des Sauerstoffs fortwährend steigerte, so dass bei 5 bis 4 Proc. die Thiere dem Tode nahe waren.

Da nun die Ausathmungsluft des Menschen unter normalen Bedingungen immer noch zwischen 14 bis 18 Proc. Sauerstoff enthält, so kann man daraus schliessen, dass die Sauerstoffspannung im Lungenraume zu allen Abschnitten der Athembewegung noch genügt, um dem Strome des Sauerstoffs in das Blut hinein die nöthige Geschwindigkeit zu geben.

Blut erstickter Thiere.

Sehr bemerkenswerth ist es auch, dass, wie W. Müller und Setschenow gefunden haben, in der Lungenluft und im arteriellen Blute solcher Hunde, die durch luftdichten Verschluss der Trachea erstickt waren, aller Sauerstoff bereits verschwunden ist. Es wird daher unter bestimmten Lebensbedingungen nicht nur der im Blute bereits vorhanden gewesene Sauerstoff sehr rasch aufgebraucht, sondern auch der noch im Lungenraume befindliche ebenso rasch hinübergenommen und auch noch sofort verwendet. Dasselbe lehren die Beobachtungen von Moreau, welcher fand, dass bei erstickenden Fischen der Sauerstoff aus dem Gasgemenge der Schwimmblase (von Perca fluviatilis), welcher bei ungehinderter Respiration zwischen 19 und 25 Proc. beträgt, bis auf Null reducirt wird.

Apnoe.

J. Rosenthal hat die interessante Entdeckung gemacht, dass man bei Thieren die Athembewegungen ganz aufheben kann, wenn man durch Einblasen von Luft oder Sauerstoff in die Lungen, das Blut mit Sauerstoff sättigt und arm an Kohlensäure erhält, wobei ohne Athmung Leben und Oxydationsprocesse eine Zeit lang fortdauern (Apnoe). Hering schloss aus seinen Analysen der Blutgase apnoisch gemachter Thiere, dass die Apnoe nicht durch Sättigung des Blutes mit Sauerstoff, welches Gas er keineswegs vermehrt fand, sondern durch bedeutende Verminderung der Kohlensäure hervorgerufen werde. Da aber die von Hering angewandte Methode der Gewinnung der Blutgase nicht fehlerfrei war, und er deshalb den Sauerstoffgehalt des Blutes überhaupt zu niedrig fand, so lässt sich aus seinen Analysen ein derartiger Schluss überhaupt nicht ziehen. Neuerdings hat denn auch Ewald beträchtliche Vermehrung des Sauerstoffs mit Sicherheit nachgewiesen, und ist es Pflüger gelungen, Apnoe mit hellrothem Venenblute zu erzeugen, welches eine höhere Spannung des Sauerstoffs in den Geweben voraussetzt.

b. Einfluss der Temperatur und des Luftdrucks. Wärmeentziehung setzt anfänglich die Sauerstoffabsorption herab. Dann aber findet beträchtliche Steigerung derselben statt und zwar um so bedeutendere, je stärker die Abkühlung. Temperaturen über + 38⁰ wirken im entgegengesetzten Sinne (Speck, Sanders-Ezn). Vgl. S. 770 u. f.

Verstärkung und Verminderung des Luftdrucks bis zu einer gewissen Grenze scheinen auf die Sauerstoffaufnahme ohne Einfluss zu sein.

Einfluss der chemischen Anziehung der Blutkörperchen.

c. Abhängigkeit der Sauerstoffabsorption von der Stärke der chemischen Anziehung der Blutkörperchen. Dass Verschiedenheiten in der Stärke der chemischen Anziehung, welche die Blutkörperchen auf den Sauerstoff ausüben, sich geltend machen können, kann theoretisch nicht bezweifelt werden und ebenso wenig, dass es Zustände derselben geben kann, wo sie den einmal aufgenommenen Sauerstoff fester binden. Erwiesen ist es, dass durch Kohlenoxydgas und Stickoxydgas das Vermögen der Blutkörperchen, Sauerstoff aufzunehmen, aufgehoben wird, indem diese Gase den im Blute chemisch gebundenen Sauerstoff geradezu verdrängen und die Blutkörperchen nun ein gleiches Volumen der oben genannten Gase aufnehmen, welches aber so fest gebunden wird, dass diese Verbindung durch Sauerstoff nicht mehr oder doch nur sehr allmählich (Donders) zersetzt werden kann (L. Meyer, Cl. Bernard, F. Hoppe-Seyler, L. Hermann). Der Grund dieser Erscheinung ist der, dass Sauerstoff, Kohlenoxyd und Stickoxyd sich zu ähnlichen und krystallographisch isomorphen Verbindungen mit Hämoglobin vereinigen, von welchen diejenigen mit den beiden letztgenannten Gasen inniger zu sein scheinen, wie die mit Sauerstoff. Vgl. S. 156 u. 157. Aehnlich sollen mehrere Alkaloide: Morphin, Strychnin, Brucin und Alkohol wirken (Harley). Die giftige Wirkung des Schwefelwasserstoffgases hebt die chemische Anziehung der Blutkörperchen für den Sauerstoff dadurch auf, dass dieses Gas auf das Oxyhämoglobin reducirend wirkt, diesem zuerst sämmtlichen Sauerstoff entzieht, wodurch der Sauerstoff aus dem Blute verschwindet, dann aber erst das sauerstofffreie Hämoglobin unter Fällung der Eiweisskörper zersetzt (Kaufmann u. Rosenthal).

Einfluss individueller Verhältnisse.

d. Abhängigkeit der Sauerstoffabsorption von körperlichen Zuständen im Allgemeinen. Es versteht sich ohne Weiteres, dass allgemeine körperliche Zustände, wie Geschlecht, Alter, Verdauung, Ruhe und Bewegung die Sauerstoffabsorption beeinflussen müssen. Nach welcher Richtung diese Verhältnisse wirken müssen, ist aus allen die Energie des Respirationsactes betreffenden Angaben leicht ersichtlich; doch fehlt es vielfach an genauerer Feststellung des Wirkungswerthes dieser Einflüsse. Speck constatirte die Vermehrung der Sauerstoffabsorption bei körperlicher Arbeit und zwar eine bedeutendere bei dynamischer, als bei statischer Arbeit. Auch Pettenkofer und

Voit kamen zu dem Resultate, dass Arbeit die Sauerstoffabsorption beträchtlich steigere; die letzteren Beobachter fanden überdies Verminderung der Sauerstoffabsorption beim Hunger. Nach den umfassenden, sich freilich nur auf Thiere beziehenden Beobachtungen von Regnault und Reiset wird bei Thieren derselben Species, für die Gewichtseinheit Thier, von jungen Thieren mehr Sauerstoff verzehrt, als von erwachsenen, von mageren mehr als von fetten, von kleineren Vögeln mehr als von grösseren.

Aus den Versuchen von Pettenkofer und Voit ergiebt sich ausserdem, dass die Sauerstoffaufnahme im Wachen und Schlafen, an Ruhe- und Arbeitstagen relativ viel regelmässiger vor sich geht, als die Bildung der Kohlensäure. Der Zustand der Ruhe und Arbeit, der so bedeutend auf die Kohlensäureausscheidung influirt, äussert seinen Einfluss auf die Sauerstoffabsorption nicht in gleichem Maasse; der Organismus besitzt, wie auch aus den Beobachtungen anderer Forscher hervorgeht, die Fähigkeit, unter gewissen Bedingungen einen Vorrath von Sauerstoff in sich aufzuspeichern, und erst später zur Kohlensäurebildung zu verwenden. Pettenkofer und Voit sind der Meinung, dass es nicht das Bedürfniss nach Sauerstoff sein kann, welches uns bei körperlicher Anstrengung zu häufigerem und tieferem Athemholen zwingt, sondern das Bedürfniss, die mehr erzeugte Kohlensäure los zu werden.

Schwankungen in den ausgeschiedenen Wasserquantitäten unter physiologischen Bedingungen.

Schwankungen in der Wasserausscheidung.

Die mit der Ausathmungsluft austretenden Wassermengen stammen keineswegs ausschliesslich aus dem Blute, sondern werden zum Theil schon mit der atmosphärischen Luft, die immer Wasserdampf enthält, eingeathmet. Eine genaue Ermittelung der für die Wasserausscheidung durch die Lungen geltenden Gesetzmässigkeiten würde daher vor Allem verlangen, den auf den Wassergehalt der Atmosphäre entfallenden Werth zu eliminiren; dies ist aber in den angestellten Untersuchungen nicht geschehen und wo man es versuchte, ging man von einer, jedenfalls in ihrer Allgemeinheit unrichtigen Voraussetzung aus, nämlich der, dass die Ausathmungsluft immer mit Wasserdampf vollkommen gesättigt sei. Es lassen sich daher die vorhandenen Beobachtungen nur in beschränkter Weise und insoferne verwerthen, als sie mit den theoretischen Voraussetzungen nicht im Widerspruche stehen. Die Momente, von welchen die Werthe der innerhalb der Zeiteinheit ausgeschiedenen Wassermengen abhängig sein müssen, sind aber folgende:

1) Temperatur der Atmosphäre. Aus seinen Versuchen zieht Vierordt den Schluss, dass bei niederer Lufttemperatur die exspirirten Luftvolumina bedeutend zunehmen, und daher auch die unter diesen Verhältnissen ausgeathmeten Wassermengen grösser seien, als bei höherer Temperatur. Dieses Resultat sollte man auch von einem anderen Gesichtspunkte aus erwarten; da nämlich bei niederer Temperatur, im Winter etc., der absolute Wassergehalt der eingeathmeten Luft geringer ist, als bei höherer, so wird dieselbe, insoferne sie in den Lungen auf die mittlere Temperatur des Körpers gebracht wird, dort mehr Wasser aufnehmen. Nach Valentin sollen dagegen in der Kälte gleichviel Athemzüge weniger Wasser ausführen, als in der Wärme.

Einfluss der Lufttemperatur.

2) Barometerstand. Da die Verdunstung wesentlich von dem Drucke, welcher auf der verdunstenden Fläche lastet, abhängig ist, so wird, *caeteris paribus* bei niederem Barometerstande die Wasserverdunstung aus dem Blute sich steigern, bei höherem Barometerstande aber verzögert werden. Dieses Resultat kann aber durch andere gleichzeitig wirkende Einflüsse beeinträchtigt werden. So ist z. B. auf hohen Bergen die Geschwindigkeit der Wasserausscheidung gesteigert durch den niederen Luftdruck daselbst, aber sie kann anderseits auch verzögert werden durch die dort öfter vorhandene relativ grössere Wassermenge der Atmosphäre.

Einfluss des Barometerstandes,

3) Wassergehalt der Atmosphäre. Je grösser der Wassergehalt der Atmosphäre bereits ist, desto weniger wird sie in den Lungen Wasser aufnehmen können. Dies bedarf keiner Erörterung. Vollkommen mit Wasserdampf gesättigte warme Luft enthält aber viel mehr Wasser, als gesättigte kalte Luft; deshalb muss auch die Wasserausscheidung durch die Lungen in warmer gesättigter Luft weniger betragen, als in der Kälte, wo noch überdies grössere Luftvolumina ausgeathmet werden (Vierordt). Dies stimmt mit den unter 1) gegebenen Voraussetzungen.

des Wassergehaltes der Luft,

4) Temperatur der ausgeathmeten Luft. In einer wärmeren Exspirationsluft muss mehr Wassergas enthalten sein, als in einer weniger warmen, da mit zunehmender Temperatur die Capacität der Luft für Wassergas bedeutend steigt. Da aber nach Valentin's Beobachtungen bei sehr niederer Temperatur die Ausathmungsluft um mehrere Grade niederer temperirt ist, so wird dieser Umstand den sonst steigenden Einfluss niederer Lufttemperaturen mässigen müssen.

der Temperatur der Ausathmungsluft,

5) Zeit, während welcher die Luft in den Lungen verweilt. Je länger die Luft, welche eingeathmet wird, in den Lungen verweilt und je länger sie daher in Berührung mit den wasserverdunstenden Flächen ist, desto mehr wird sie, alles Uebrige gleichgesetzt, Wasser aufnehmen und zwar aus doppeltem Grunde: einmal wegen der

der Zeit, während welcher die Luft in den Lungen verweilt,

längeren Berührung und dann, weil sie um so vollständiger sich auf die Körpertemperatur erwärmt. Damit stehen die Versuche von Valentin über den Einfluss der Zahl der Athemzüge in der Zeiteinheit auf die Wasserverdunstung im Einklange. Aus der nachfolgenden, aus seinen Versuchen construirten Tabelle geht hervor, dass das Gewicht des ausgeschiedenen Wassers abnimmt, wenn die Zahl der Athemzüge in der Minute über sechs steigt.

der Zahl der Athemzüge.

Zahl der Athemzüge in 1 Minute	In 1 Minute ausgeschiedenes Wasser in Gramm (Mittel)	Ausgeschiedenes Wasser für 1 Athemzug in Gramm (Mittel)	Zahl der Beobachtungen
5	0,287	0,057	6
6	0,297	0,049	30
12	0,246	0,021	30
24	0,261	0,010	30
36	0,197	0,005	3
40	0,205	0,005	2

Es wäre wünschenswerth, dass in obigen Versuchen auch die exspirirten Luftvolumina berücksichtigt wären; denn a priori sollte man erwarten, dass wenn auch die durch raschere Athemfolge in der Zeiteinheit ausgeschiedenen Wassermengen geringer sind, sie doch in einem bestimmten Verhältnisse zu dem exspirirten Luftvolum stehen müssten, denn:

Einfluss der exspirirten Luftvolumina.

6) Alles Uebrige gleichgesetzt, muss, je mehr Luft ausgeathmet wird, desto mehr Wasser ausgeschieden werden.

7) Die Wasserabgabe durch Haut und Lunge ist sehr gesteigert bei körperlicher Arbeit, scheint sich aber ziemlich einheitlich auf beide Tageshälften zu vertheilen. Nach körperlicher Arbeit wird daher auch in der darauf folgenden Nacht mehr Wasser ausgeschieden, als nach einem ruhig verlebten Tage. Im Allgemeinen geht die Wasserausscheidung der Kohlensäureausscheidung parallel, doch erleidet diese Regel nicht selten grössere Störungen (Pettenkofer und Voit).

Respiration bei Thieren.

Respiration bei Thieren. Die Respirationsverhältnisse bei Thieren sind im Allgemeinen denen des Menschen entsprechend; übrigens beziehen sich viele der über die Respiration in Vorstehendem gemachten Angaben auf Versuche an Thieren. Besonderer Erwähnung werth ist die Angabe Gréhant's, dass Fische in Wasser

welchem $^1/_{10}$ Vol. defibrinirtes Hundeblut zugesetzt wurde, viel länger leben als in nur lufthaltigem Wasser, indem sie den an Hämoglobin gebundenen Sauerstoff verbrauchen; Gréhant glaubt, dass bei der Respiration des Fötus derselbe Vorgang stattfindet (?). Quinquaud fand bei Fischen den Sauerstoffverbrauch proportional der Zeit und vermindert sich nach seinen Beobachtungen die Respirationsstärke bei den Fischen mit dem Gewichte; die Species scheint ohne Einfluss. Auch Sanson kam für grössere Säugethiere (Ochse, Pferd) zu dem Resultate, dass die leichteren Thiere mehr Kohlensäure bilden wie die schwereren. Männliche Säugethiere produciren mehr Kohlensäure wie weibliche, junge mehr wie alte. Art der Nahrung, sowie Ruhe und Bewegung sollen ohne Einfluss auf die Kohlensäureausscheidung sein. Ueber die Mengenverhältnisse der durch Respiration und Perspiration ausgeschiedenen Kohlensäure bei verschiedenen Thierspecies in gleichen Zeiträumen hat R. Pott Versuche angestellt. Nach diesen scheiden die Vögel die grösste Menge Kohlensäure aus, den Vögeln reihen sich zunächst die Säugethiere, dann die Insecten an. Würmer, Amphibien, Fische und Schnecken bilden eine zweite Gruppe, welche verhältnissmässig sehr wenig Kohlensäure ausscheidet. Bei den Wasserthieren wird der grösste Theil der Kohlensäure an die Luft und nicht an das Wasser abgegeben. Von besonderem Interesse ist die Angabe Pott's, dass die Kohlensäure eines und desselben Thieres im Tageslichte eine geringere ist wie im farbigen Lichte. Violette und rothe Strahlen sollen die geringste, grüne und gelbe dagegen die lebhafteste Einwirkung auf die Kohlensäureausscheidung der Thiere ausüben. Während der Nacht fand Pott die Kohlensäureausscheidung der Thiere nicht unwesentlich herabgesetzt.

Innere Respiration.

Innere Respiration. Die Verhältnisse der inneren Respiration sind noch so gut wie unbekannt; dass aber der Gaswechsel zwischen Geweben und Blut von ähnlichen Bedingungen abhängig sein müsse, wie jener zwischen Blut und Atmosphäre, geht aus dem parallelen Gange beider, und ihrer in der Natur der Sache liegenden gegenseitigen Abhängigkeit hervor.

B. Hautathmung und Gesammtgaswechsel.

Hautathmung und Gesammtgaswechsel.

Die Verhältnisse der Hautathmung, d. h. des durch die Oberhaut des Thierkörpers vermittelten Gaswechsels, waren wiederholt Gegenstand der Untersuchung, doch sind sie demungeachtet keineswegs so aufgeklärt, wie es zu wünschen wäre. Sicher ist, dass durch die Haut Wasserdunst und Kohlensäuregas ausgeschieden werden und mindestens wahrscheinlich, dass auch Sauerstoff durch die Haut absorbirt wird. Regnault und Reiset schlossen ganze Thiere, den Kopf ausgenommen, in einen luftdichten Sack ein und leiteten durch denselben einen Luftstrom. Nach einem gewissen Zeitraume wurde die Luft, in welcher die Perspiration

stattgefunden hatte, analysirt und dabei gefunden, dass wenn man annahm, dass der Stickstoff durch das Hautathmen keine Veränderung erlitten habe, aus der Luft gerade so viel Sauerstoff verschwunden war, als der in derselben enthaltenen Kohlensäure entsprach. Bei, von Gerlach angestellten Versuchen fand derselbe den Sauerstoff der Luft, in welcher das Thier perspirirte, in seinem Verhältnisse zum Stickstoff so beträchtlich vermindert, dass eine ganz ausserordentliche Stickstoffausscheidung durch die Haut hätte erfolgt sein müssen, wenn sich hieraus das veränderte Sauerstoffverhältniss hätte erklären sollen. Gerlach's Resultate weichen aber darin von denen Regnault's und Reiset's ab, dass er das Volumen des aufgenommenen Sauerstoffs viel geringer fand, als das der ausgeschiedenen Kohlensäure.

Die in der Zeiteinheit, z. B. einer Stunde, von der Haut gelieferte Kohlensäuremenge fanden Regnault und Reiset bei Thieren im Vergleiche zu der, während derselben Zeit aus der Lunge ausgehauchten gering. Die Versuche von Scharling, Reinhard und Aubert an Menschen stimmen in ihren Resultaten so ziemlich mit denen von Regnault und Reiset überein, wie nachstehende Tabellen ergeben.

In der Zeiteinheit durch die Haut ausgeschiedene Kohlensäuremengen, a. bei Thieren,

Regnault und Reiset

Thier	Körpergewicht in g	Versuchsdauer in Stunden	Kohlensäure in Gramm		Verhältniss beider, die Kohlensäure der Lungenathmung = 1 gesetzt
			durch die Haut in 1 Stunde	durch die Lunge in 1 Stunde	
Huhn	1940	8h 40	0,336	18,62	0,018
		7h 30	0,076	16,13	0,0047
		8h 45	0,164	18,70	0,0087
Kaninchen . .	2425	8h 25	0,358	20,63	0,0173
		7h 75	0,197	19,38	0,0102
Hund	4159	7h 83	0,136	39,15	0,0035
		8h 50	0,176	42,50	0,0041

Die procentische Zusammensetzung der durch die Hautperspiration veränderten Luft fanden Regnault und Reiset wie folgt:

Thier	Versuchsdauer	Kohlensäure	Sauerstoff	Stickstoff
Huhn	8 Stunden	0,27	20,76	78,79
Kaninchen . .	8 Stunden	0,36	20,55	70,09
Hund	8^h 10	0,29	20,67	79,04

Für den Menschen kam Scharling zu nachstehenden Zahlen:

b. beim Menschen.

Scharling				
Individuen	Alter	Körpergewicht in Kilo	Kohlensäure in Gramm durch Haut und Lunge in 1 Stunde	Kohlensäure in Gramm durch die Haut in 1 Stunde
Knabe	$9^3/_4$ Jahre	22,0	20,338	0,181
Jüngling . . .	16 Jahre	57,75	34,280	0,181
Mann	28 Jahre	82,0	36,623	0,373
Mädchen . .	10 Jahre	23,0	19,162	0,124
Frau	19 Jahre	?	?	0,272

Reinhard schloss den Arm luftdicht in einen Glascylinder ein und liess mit Hülfe einer Saugpumpe Luft durch den Cylinder gehen, die dann auf ihrem Wege ihre Kohlensäure an Barytwasser abgab und schliesslich durch eine Gasuhr gemessen wurde. Nach Abzug der in der Luft bereits enthaltenen Kohlensäure, und Hinzurechnung der noch im Apparate zurückgebliebenen fand Reinhard die von dem Arme in einer Stunde abgegebene Kohlensäuremenge in zwei Versuchen: 5·27 und 5·70 mg, demnach für 24 Stunden 126·48 und 136·8 mg, endlich für die ganze Körperoberfläche, deren 17ten Theil etwa die Armoberfläche ausmacht, in 24 Stunden 2·15 und 2·32 g, im Mittel daher 2·23 g. Die in diesen Berechnungen enthaltenen Voraussetzungen als richtig angenommen, würde sich die von der Haut und die von der Lunge abgegebene Kohlensäure wie 1 : 400 verhalten.

Unter Anwendung einer ganz ähnlichen Methode: Arm und Hand wurden in einem gläsernen Apparate luftdicht eingepasst, in welchen atmosphärische, von der Kohlensäure befreite Luft einströmen, und aus welchem die Perspirationsgase entweichen konnten, kamen Fubini und Ronchi zu ganz abweichenden Resultaten. Aus ihren Versuchen be-

rechnen sie nämlich unter denselben Voraussetzungen wie Reinhard, dass nämlich die Perspiration auf der ganzen Oberfläche des Körpers gleichförmig, und dass das Verhältniss zwischen der Oberfläche des Vorderarms und der Hand und derjenigen des ganzen Körpers gleich 1 : 16 sei, die 24stündige Menge der vom Menschen durch die ganze Hautfläche ausgegebenen Kohlensäure auf 6·8 g, also dreimal so hoch wie Reinhard. Mit Fubini's und Ronchi's Zahl stimmt aber auch die von Scharling bei der Frau erhaltene (vgl. ob. Tab.).

Dass diese Voraussetzungen aber nicht alle richtig sind, ergiebt sich aus den Versuchen von Aubert. Bei diesen, sowie bei den von Scharling angestellten befand sich die Versuchsperson mit Ausnahme des Kopfes in einem Kasten. Aubert fand bei zwei Personen die 24stündige Kohlensäureausscheidung durch die gesammte Haut mit Ausnahme des Kopfes im Maximo = 6·14 g, im Minimo = 2·3, im Mittel daher = 3·87 g, was ungefähr 0·5 Proc. der gesammten Kohlensäureproduction entsprechen würde. Auch fand Aubert, sowie Fubini und Ronchi, dass die Kohlensäureabgabe durch die Haut von der Temperatur der umgebenden Luft sehr wesentlich beeinflusst werde. Je höher diese, desto mehr Kohlensäure werde ausgeschieden. Dieselbe Versuchsperson, welche bei + 29·6° C. 2·9 g Kohlensäure abgab, schied bei + 33° C. 6·3 g durch die Haut aus (Aubert). In einer eigenen Versuchsreihe bestimmte Aubert die Kohlensäureperspiration der Hand allein, und fand im Mittel für eine Stunde 1·34 mg, woraus sich durch Berechnung auf die ungefähr 39mal grössere Oberfläche des ganzen Körpers nur 1·25 g Kohlensäure für 24 Stunden berechnen würden; demnach nur etwa $^1/_3$ der direct gefundenen. Man muss daraus schliessen, dass die Kohlensäureausscheidung je nach den einzelnen Parthien der Körperoberfläche sehr verschieden sein kann, was übrigens schon viele Jahre vorher von Jürine behauptet war.

Fubini und Ronchi fanden endlich die Kohlensäureabgabe durch die Haut grösser bei Belichtung wie im Dunkeln, grösser bei Pflanzennahrung wie bei Fleischnahrung, während das Verhältniss beim Hunger und der Verdauung gleich blieb. Gerlach, der das Ansteigen der Kohlensäureausscheidung durch die Haut bei steigender Temperatur der Atmosphäre bestätigt, giebt an, dass auch Muskelanstrengung Vermehrung der Kohlensäureabgabe zur Folge habe.

Die durch die Haut in der Zeiteinheit abgegebenen Wassermengen gestalten sich jedenfalls sehr bedeutend, doch sind darüber keine besonderen Bestimmungen vorhanden. Man hat vielmehr nur den Gesammtwasserverlust inclusive des tropfbarflüssigen Wassers, d. h. des Schweisses, bestimmt. Das Gesammtgewicht des täglichen Stoffverlustes durch die Hautausdünstung wird auf 500 bis 800 g veranschlagt; dass davon die grösste Menge auf das Wasser trifft, bedarf nach obigen Tabellen keiner weiteren Erläuterung.

Die Wasserausscheidung durch die Haut befindet sich zu jener durch die Lungen insoferne in einem Gegensatze, als der Wasserverlust beim Hautathmen um so bedeutender sein wird, je grösser die Capacität der umgebenden Luft für Wasserdampf ist und je entfernter diese Luft von ihrem Sättigungspunkte steht. Beide Zustände aber finden sich erfahrungsgemäss zur Mittagszeit und im hohen Sommer vereinigt. Im Uebrigen aber wird die Wasserausscheidung durch die Haut von ähnlichen Bedingungen abhängig sein, wie jene durch die Lungen.

Muskelrespiration.

Der ruhende Muskel nimmt Sauerstoff auf und giebt Kohlensäure ab; beide Vorgänge sind aber während der Thätigkeit gesteigert und werden als Muskelrespiration bezeichnet. Danilewsky fand nach einer allerdings nicht unbedenklichen Methode, dass ein tetanisirter Muskel im Vergleich mit einem mechanisch bewegten mehr Kohlensäure ausscheidet, aber weniger Sauerstoff absorbirt. Die Sauerstoffabsorption des tetanisirten Muskels blieb in den Versuchen von Danilewsky immer gegen diejenige des passiv bewegten Muskels zurück, woraus Danilewsky schliesst, dass dieselbe mit dem Process der Muskelcontraction in keinem directen Zusammenhange stehe. Mit der Temperatur steigt auch die Sauerstoffabsorption im thätigen Muskel. Jedenfalls sind die durch diese Vorgänge in Bewegung gesetzten Gasquantitäten sehr gering.

Gesammtgaswechsel.

Ueber den Gesammtgaswechsel bei Thieren sind von Regnault u. Reiset, sowie von Pettenkofer u. Voit höchst wichtige und umfassende Untersuchungen ausgeführt, von welchen namentlich die letzteren wegen des dabei zuerst zur Anwendung gekommenen, von Pettenkofer construirten grossartigen und allen Anforderungen entsprechenden Respirationsapparates besonders hervorgehoben werden müssen. Soferne sich die, durch beide Untersuchungsreihen erlangten Resultate auf die Respiration selbst beziehen, haben wir sie bei der vorhergehenden Darstellung bereits benutzt; insoferne sie auf die Ernährung bezüglich sind, werden wir sie unter diesem Abschnitte ins Auge fassen und dabei auch eine Beschreibung und Abbildung des Pettenkofer'schen Respirationsapparates geben.

Bezüglich der zahlreichen Methoden, die bei den Untersuchungen über Respiration im engeren Sinne in Anwendung gekommen sind, verweisen wir auf die Lehrbücher der Physiologie, namentlich jene von C. Ludwig, Valentin, J. Ranke und die in der Literaturübersicht angeführten Originalabhandlungen.

Thierische Wärme.

Literatur: Eine vollständige und übersichtliche Erörterung aller hierher gehörigen Fragen findet sich in den Lehrbüchern der med. Physik, namentlich bei Fick. — Vergl. ausserdem Gavarret: Physique médicale. Paris 1854. — Helmholtz: Artikel „Thierische Wärme" in der Berliner med. Encyclop., und G. Nasse in R. Wagner's Handwörterb. d. Phys. Bd. IV, S. 1. — C. Ludwig: Lehrb. d. Physiol. 2te Aufl. Bd. II, S. 732. — Von besonderen Quellen führen wir an: Lavoisier: Phys. chem. Schriften. 1785. Bd. III. — Legallois: Mémoire sur la chaleur des animaux. Annal. de chim. et de phys. 1817. T. IV. — Dulong: Annal. de chim. et de phys. 3. Série. T. I. 1841. — Despretz: Ebenda T. XXVI, p. 337. — J. Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie. 1ste Aufl. Braunschweig 1842; 3te Aufl. 1846. — Derselbe: Chemische Briefe. 4te Aufl. 1859. 2ter Bd. S. 8. — Senator: Untersuch. über die Wärmebildung und den Stoffwechsel. Arch. f. Anat. u. Phys. 1872. S. 1. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1872, S. 737, 753. — J. Rosenthal: Zur Kenntniss der Wärmeregulirung bei den warmblütigen Thieren. Progr. Erlangen 1872. — Liebermeister: Unters. über die quantitativen Veränder. der Kohlensäureproduction. 3ter Art. Deutsch. Archiv f. klin. Med. X, S. 89, 420. — Röhrig und Zuntz: Theorie der Wärmeregulation. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1871. S. 354. — Pflüger: Ueber die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen. Arch. f. Physiol. X, 251. — Derselbe: Ueber Temperatur und Stoffwechsel der Säugethiere. Ebenda XII, 282. — Derselbe: Ebenda XII, 333. — Derselbe: Ueber den Einfluss der Athemmechanik auf den Stoffwechsel. Ebenda XIV, 1. — Derselbe: Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Respiration der Kaltblüter. Ebenda XIV, 73. — Colasanti: Ueber den Einfluss der umgebenden Temperatur auf den Stoffwechsel der Warmblüter. Ebenda XIV, 92. — Derselbe: Ein Beitrag zur Fieberlehre. Ebenda XIV, 125. — H. Senator: Neue Untersuchung über die Wärmebildung und den Stoffwechsel. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874. S. 18. — Derselbe: Berichtigende Bemerkung zu Colasanti's Beitrag zur Fieberlehre. Arch. f. Physiol. XIV, 448. — Pflüger: Antwort auf die berichtigende Bemerkung des Herrn Prof. Senator. Ebenda XIV, 450. — Derselbe: Nachtrag zu Colasanti's Abhandlung. Ebenda XIV, 469. — Senator: Noch ein Wort über Colasanti's Beitrag etc. Ebenda XIV, 492. — Pflüger: Zweite Antwort auf den erneuten Angriff des Herrn Prof. Senator. Ebenda XIV, 502. — H. Senator: Zur Lehre von der thierischen Wärme. Verhandlung. der physiologischen Gesellschaft in Berlin. Sitzung vom 10. März 1877, Nr. 15. — Pflüger: Neue Einwände des Herrn Prof. Senator gegen die Anpassung der Wärmeproduction an den Wärmeverlust bei Warmblütern. Eine Widerlegung. Arch. f. Physiol. XV, 104. — Riegel: Arch. f. path. Anat. 1874. LIX, S. 396.

Gesetz der Erhaltung der Kraft.

Dem Gesetze der Erhaltung der Quantität der Materie, welches nachweist, dass alle stofflichen Veränderungen der Materie immer

nur auf veränderter Gruppirung der Moleküle beruhen, und die Elemente der im Bereiche der Erde befindlichen Atomcomplexe weder vernichtet noch neu erzeugt werden können, steht das Gesetz der Erhaltung der Kraft zur Seite. Dieses wichtige Gesetz lehrt, dass auch Kräfte weder vernichtet, noch spontan, d. h. aus Nichts, neu erzeugt werden können, dass vielmehr das scheinbare Verschwinden derselben nichts weiter wie eine Umsetzung in andere ist.

Wenn in irgend einer Maschine durch Reibung oder Stoss eine Bewegung verloren geht, wenn also ein Theil der Kraft: die Geschwindigkeit, scheinbar verschwindet, so entsteht Wärme und zwar eine der verlorenen Geschwindigkeit entsprechende Wärmemenge; wenn wir umgekehrt durch Wärme eine Maschine in Bewegung setzen, so verschwindet mit der gewonnenen mechanischen Bewegung eine entsprechende Wärmemenge. Mechanische Bewegung kann in Wärme und Wärme in mechanische Bewegung umgesetzt werden (mechanisches Aequivalent der Wärme). Hieraus ergiebt sich aber, dass die Wärme kein Stoff, sondern selbst nur eine besondere Art von Bewegung sein kann, denn es berechtigt uns nichts, anzunehmen, dass durch den Verlust eines Stoffes Bewegung, oder dass durch den Verlust einer Bewegung ein Stoff entstehen könne.

Anwendung dieses Gesetzes auf die Quellen der Wärme überhaupt und der thierischen Wärme insbesondere.

Wenn aber die Wärme eine Bewegung ist, so kann sie nach dem Principe der Erhaltung der Kraft nur dann entstehen, wenn ein wägbarer oder unwägbarer Körper seine Geschwindigkeit einbüsst, oder wenn Kräfte als solche verschwinden, welche, obwohl sie selbst keine Bewegung sind oder wenigstens nicht zu sein scheinen, dennoch eine ruhende Masse in Bewegung versetzen können (Spannkräfte). Derartige Kräfte sind aber ein Attribut der verbrennlichen chemischen Molecüle; denn durch ihre Verbrennung, ihre Oxydation, werden sie entweder befähigt, wägbare Massen zu bewegen, oder sich und ihre Umgebung zu erwärmen: die Oxydation, die Verbrennung und Affinitätswirkungen überhaupt sind eine Wärmequelle, aber nicht etwa in dem Sinne, dass dadurch Wärme primitiv geschaffen würde, sondern deshalb, weil dadurch Spannkräfte verschwinden, und in Wärme und mechanische Arbeit umgesetzt werden.

Diese Gesetze enthalten den Schlüssel zur Erklärung des Ursprunges der thierischen Wärme.

Eigenwärme des Thierkörpers;

Der lebende menschliche Körper besitzt eine, innerhalb ziemlich enger Grenzen schwankende, von jener der Umgebung bis zu einem gewissen Grade unabhängige Temperatur in allen Theilen, in welche arterielles Blut, und durch dieses der in der Respiration aufgenommene Sauerstoff gelangen kann. Haare, Wolle, Federn besitzen keine eigenthümliche Temperatur. Die mittlere Temperatur des menschlichen Kör-

pers beträgt beim Erwachsenen + 36 bis 38° C., beim Kinde etwa + 39° C.; die Eigenwärme der Säugethiere ist annähernd dieselbe, jene der Vögel aber bedeutender als die des Menschen und der Säugethiere, jene der Amphibien und Fische bedeutend niedriger (kaltblütige Thiere), aber immer höher als jene des umgebenden Mediums.

Innerhalb sehr enger Grenzen bietet die Temperatur gewisse Schwankungen dar, die für die Deutung des Ursprunges der thierischen Wärme von grosser Bedeutung sind, und auf die wir weiter unten zurückkommen werden.

sie muss abhängig sein von im lebenden Körper selbst liegenden Ursachen.

Da die Temperatur des menschlichen Körpers von jener seiner Umgebung nahezu unabhängig ist und sich fast gleich bleibt, gleichgültig ob der Mensch in der gemässigten Zone, am Aequator, oder an den Polen lebt und trotzdem, dass er in kalten Klimaten Wärme abgeben muss und zwar um so mehr, je kälter die Umgebung ist; so muss sie von im Körper selbst vorhandenen Bedingungen abhängig sein; ihre Quelle muss im lebenden Körper selbst liegen. Nach dem Gesetze der Erhaltung der Kraft kann sie aber unmöglich dort primitiv erzeugt werden, sondern sie muss entweder die Folge einer in Wärme umgesetzten Bewegung, oder des Verschwindens von Spannkräften sein.

Sieht man sich nun nach den im lebendigen Leibe thätigen Kräften um, aus deren Umsetzung die thierische Wärme hervorgehen kann, so wird man ohne Weiteres dahin geführt, als eine mögliche Quelle derselben die chemischen Vorgänge des Stoffwechsels zu betrachten. Wir haben bereits an anderem Orte ausführlich gezeigt, dass das Leben sich durch einen fortwährenden Stoffverbrauch charakterisirt, welcher im Ganzen als ein grossartiger Oxydationsprocess aufzufassen ist (vgl. S. 40), der durch den eingeathmeten und im Blute absorbirten Sauerstoff vermittelt wird. So lange das Leben währt, in jedem Zeitabschnitte desselben, findet diese Wechselwirkung zwischen den Bestandtheilen unseres Leibes, den Elementen der zum Ersatze des Verlorenen aufgenommenen Nahrung und zwischen dem aufgenommenen Sauerstoff statt. Leben und damit Kraftentwickelung, verlangt chemische Umsetzungen; Affinitätswirkungen, insbesondere Oxydationsvorgänge aber erzeugen, wie längst bekannt, Wärme, sie sind eine Wärmequelle.

Die Quelle der thierischen Wärme sind die chemischen Vorgänge des Stoffwechsels.

Obgleich dieser Satz eines besonderen Beweises nicht bedarf und obgleich bei näherer Ueberlegung sich sofort einem Jeden die Ueberzeugung aufdrängen muss, dass die das Leben kennzeichnende langsame Verbrennung der organischen Materie, die Ueberführung complexer sauerstoffarmer Atomgruppen in sauerstoffreiche, eine bedeutende Verminderung des Spannkraftsvorrathes des Organismus, oder, was im gegebenen Falle dasselbe ist, eine bedeutende und constante, gleichzeitig aber auch eine gleichmässige Wärmeentwickelung zur Folge haben muss, so geht doch aus solchen Erwägungen keinenfalls noch hervor, dass die chemi-

schen Vorgänge des Stoffwechsels, oder, wenn man will, der Stoffwechsel selbst, die **einzige** Wärmequelle des lebenden Thierkörpers seien.

Lavoisier, der ein glänzendes Beispiel dafür ist, wie weit ein Genie seiner Zeit voraneilen kann, war der Erste, welcher die thierische Wärme als Folgeerscheinung des Stoffwechsels aufzufassen versuchte, aber, was bei dem damaligen Zustande der Kenntnisse der chemischen Vorgänge im Thierkörper nicht wohl anders möglich war, er fasste den Vorgang zu enge auf, indem er als alleinigen Herd der Oxydation die Lungen und sonach die Respiration ansah.

Seither nun haben alle Fortschritte in der Erkenntniss der stofflichen Seite des Lebensprocesses nur dazu beigetragen, die Ueberzeugung, dass in der That die chemischen Vorgänge als einzige Wärmequelle des Thierkörpers anzusehen sind, mehr und mehr zu stützen. Dass es dabei bis in die neueste Zeit an Widerspruch nicht gefehlt hat, ist eine Erscheinung, die sich auf dem Gebiete aller wissenschaftlichen Fragen beständig wiederholt und die, so lange eine streng wissenschaftliche Lösung derselben noch fehlt, nicht nur allein nicht vom Uebel, sondern vielmehr insoferne von grossem Vortheil ist, als sie fortwährende Anregung zur Aufsuchung neuer Beweise und zur Schärfung der Geister giebt. Gerade im vorliegenden Falle hat der Widerspruch das wichtige Resultat erzielt, dass alle geführten Discussionen, alle physiologischen Beobachtungen nur dazu gedient haben, darzuthun, dass keine andere Quelle für die thierische Wärme aufgefunden werden kann, natürlich vorausgesetzt, dass man dabei von einem exacten wissenschaftlichen Standpunkte ausgeht und nicht etwa, an die Stelle von Thatsachen und Inductionsbeweisen Phrasen und luftige Hypothesen setzen will. Da sich mechanische Bewegung in Wärme umsetzen kann, so liegt es nahe, zu versuchen, die thierische Wärme von der mechanischen Arbeit abzuleiten, welche der Thierkörper leistet. Allein bei näherer Untersuchung zeigt es sich sofort, dass dieser Versuch einfach auf dieselbe Wärmequelle zurückführt. Alle in dem lebendigen Leibe vor sich gehenden mechanischen Wirkungen, wodurch die Bewegung der Organe und der Glieder vermittelt wird: die willkürlichen Muskelbewegungen, die durch Nerveneinfluss vermittelten Bewegungserscheinungen, die durch Muskelbewegung hervorgerufene Reibung, die Bewegung der thierischen Flüssigkeiten in den Gefässen und ihre Reibung an den Wänden der letzteren, sind begleitet und abhängig vom Stoffwechsel. Alle diese Apparate schöpfen ihre Befähigung zur Erzeugung von lebendiger Kraft aus derselben Quelle wie die Wärme und in dem Maasse, in welchem sie mechanische Bewegungserscheinungen hervorbringen, muss die Befähigung der Materie zur Bildung freier Wärme abnehmen. Bei heftigen Muskelanstrengungen, die eine äussere Arbeit hervorbringen, muss die Wärmeabgabe daher verhältnissmässig kleiner, d. h. ein kleinerer Bruchtheil der als chemische Spannkraft aufgenommenen Kraft werden. Der Widerspruch dieses Satzes mit der täglichen Erfahrung, dass die thierische Wärme

Es kann eine andere Quelle dafür nicht aufgefunden werden.

nach Muskelanstrengungen steigt, ist nur ein scheinbarer, denn es steigt damit auch der Verbrauch an Brennmaterial, d. h. an Nahrungsmitteln, mit anderen Worten, es macht sich dabei das Bedürfniss geltend, den Wärmeverlust durch eine gesteigerte Production derselben zu decken. Muskelbewegungen, welche durch die eingeleitete Reibung Wärme erzeugen, können ferner nur entstehen durch eine Aufwendung derjenigen Kräfte, welche als Spannkräfte in den sich chemisch umsetzenden Atomgruppen enthalten waren; es entsteht demnach auch die Reibungswärme nur auf einem Umwege aus der latenten Wärme des Materials des Stoffwechsels, indem die letztere sich zuerst in eine Bewegung des Muskels und diese wieder in eine solche des Blutes, der Gelenke u. s. w. umsetzte, welche durch die wärmeerzeugende Reibung zur Ruhe kam. Zu keinem anderen Resultate würde der Versuch führen, die galvanischen Ströme, insoferne sie im Thierkörper vorhanden sind, als Wärmeerzeuger zu betrachten, denn es fehlt uns jeder Anhaltspunkt dafür, diese Ströme selbst aus einer anderen als aus chemischer Quelle abzuleiten; dasselbe gilt von der Wärmeentwickelung des erregten Nerven u. s. w.

Es stehen alle physiologischen Thatsachen damit im Einklange.

Nicht allein nach dem Principe der Ausschliessung kommt man aber zu dem Resultate, dass die Quelle der thierischen Wärme in den chemischen Vorgängen des Stoffwechsels gesucht werden müsse, sondern es entsprechen dieser theoretischen Voraussetzung auch alle bisher constatirten physiologischen Thatsachen. Die thierische Wärme zeigt, wie bereits wiederholt erwähnt wurde, geringe Schwankungen, die etwa einen bis zwei Grad beim gesunden erwachsenen Menschen betragen können, bei Thieren aber von noch grösserem Betrage sind. Von den Gründen dieser Schwankungen, die mannigfache und zum Theil rein physikalische sind, wollen wir hier einige derjenigen hervorheben, die mit der Frage des Ursprunges der thierischen Wärme im Zusammenhange stehen.

1) Die täglichen Schwankungen der Wärmeintensität eines und desselben Thieres gehen denen der Athemgrösse und Kohlensäureausscheidung, sowie auch der Harnstoffausscheidung parallel. In der Nacht nimmt die Kohlensäureausscheidung, zugleich aber auch die Wärme ab und erreichen beide hier ihren tiefsten Stand, nach der Hauptmahlzeit aber erreichen sie ihr Maximum; ähnlich verhält sich die Harnstoffausscheidung, nur dass bei dieser das Maximum ein paar Stunden später sich einstellt, als bei der Kohlensäureausscheidung.

2) Bei längerem Hungern, welches den Gaswechsel in den Lungen so beträchtlich herabsetzt, die Absorption des Sauerstoffs und die Kohlensäureausscheidung auf ein geringeres Maass herabdrückt und überhaupt ein stetiges Sinken der Energie des Stoffwechsels zur Folge hat, nimmt auch die Körperwärme und die Wärmeproduction ab.

3) Während der Verdauung nimmt die Kohlensäureausscheidung, gleichzeitig aber auch die Wärmeproduction beträchtlich zu (Senator).

4) Die thierische Wärme steht in einem bestimmten Verhältnisse zur Menge des absorbirten Sauerstoffs. Nach den Versuchen von Regnault und Reiset absorbirt ein Kilo Kaninchen in 1 Stunde 0·914 Grm. Sauerstoff, ein Kilo Huhn aber 1·186 Grm. Sauerstoff. Die mittlere Körperwärme des Kaninchens beträgt aber + 38° C., die des Huhnes 43·9° C. Der höheren Temperatur des Huhnes geht also ein lebhafterer Stoffwechsel parallel, da das höher temperirte Thier in der Zeiteinheit durch Abkühlung mehr Wärme verliert und folglich einen lebhafteren Stoffwechsel nöthig hat, um seine höhere Temperatur zu behaupten. Einen ähnlichen Zusammenhang der Intensität des Stoffwechsels und der Wärmebildung mit der Grösse und der Lebensweise verschiedener Thierspecies haben durch zahlreiche Untersuchungen Bergmann u. Leuckart nachgewiesen.

5) Mit der höheren Eigenwärme der Vögel gegenüber jener der Säugethiere, geht überall ein lebhafterer Gaswechsel und daher auch ein lebhafterer Stoffumsatz parallel.

6) Kinder und junge Thiere produciren auf die Einheit des Körpergewichtes beinahe doppelt so viel Kohlensäure als Erwachsene, dem entsprechend ist auch ihre Eigenwärme eine höhere.

7) An allen Stellen des Körpers, in welche Blut gelangt, wird Wärme erzeugt, da überall der Sauerstoff in Berührung mit oxydablen Substanzen kommt; in den Capillaren des grossen Kreislaufs aber, welche die functionirenden Organe durchziehen, wird die wärmeerzeugende Thätigkeit eine lebhaftere sein, da der Sauerstoff des Blutes hier vorzugsweise die durch die Function der Organe schon chemisch afficirten, und zur Oxydation besonders disponirten Stoffe antrifft. Hiermit stimmt die Erfahrung überein; da, wo die lebhaftesten chemischen Processe vor sich gehen, scheinen auch die Hauptherde der thierischen Wärme zu liegen.

So ist die Temperatur in den Speicheldrüsen zur Zeit ihrer Secretion eine höhere; das Blut der Vena cava ascendens, welches aus den grossen Unterleibsdrüsen, wo ein lebhafter Stoffwechsel stattfindet, kommt, ist immer noch wärmer als das der Arterien, trotzdem dass sich in jener Vene neben dem aus den Baucheingeweiden stammenden Blute, auch noch das aus den kälteren unteren Extremitäten zurückkehrende sammelt, u. s. f.

8) Das gesteigerte Nahrungsbedürfniss bei in der kalten Zone lebenden Thieren und Menschen steht im Zusammenhange mit der Nothwendigkeit, den durch die stärkere Abkühlung erfolgenden Wärmeverlust durch eine gesteigerte Zufuhr zu decken. Mit dem Wärmeverlust durch Abkühlung steigt nämlich die Menge des eingeathmeten Sauerstoffs; es müssen daher die zur Verbindung mit diesem Sauerstoff nöthigen Mengen von Kohlenstoff und Wasserstoff in einem proportionalen Verhältnisse zunehmen, es muss Brennmaterial herbeigeschafft werden. Abkühlung des Körpers bedingt sonach ein grösseres Maaass von Speise; wir decken den Wärmeverlust durch Einleitung eines lebhafteren Stoff-

wechsels, oder, was dasselbe ist, wir erzeugen Wärme durch Stoffwechsel. Hierzu ist jedoch zu bemerken, dass während Liebermeister, Gildemeister, Roehrig und Zuntz u. A. die nach Abkühlung stattfindende Vermehrung der Kohlensäureausscheidung auf eine vermehrte Wärmeproduction zurückführen, Senator aus seinen calorimetrischen Bestimmungen folgert, dass dabei die Wärmeproduction nicht nachweislich vermehrt sei; dass demnach unter Umständen die Ausscheidung der Kohlensäure zunehmen könne, ohne Zunahme der Wärmeproduction, und ohne dass eine mechanische Arbeit geleistet wird.

So gewichtig aber auch alle diese Gründe für die Wärmeerzeugung durch die chemischen Processe des Stoffwechsels sprechen und so wenig es möglich ist, sie auf eine andere Weise zu deuten, so geben sie doch keineswegs einen streng wissenschaftlichen Beweis dafür. Ein solcher würde erst dann auf dem Wege des Experiments und Calcüls geliefert sein, wenn es gelänge, nachzuweisen, dass die in der Zeiteinheit producirte Wärmemenge mit derjenigen übereinstimmt, welche durch die in derselben Zeiteinheit stattgefundenen chemischen Umsetzungen theoretisch geliefert werden konnte; oder, was auf dasselbe hinausläuft, wenn bewiesen werden könnte, dass die bei den chemischen Processen im Organismus verlorene chemische Spannkraft genau dieselbe Kraftgrösse ist, wie die gesammten Kraftausgaben des Organismus, oder die von ihm ausgegebene Wärme, vermehrt um die von ihm verrichtete Arbeit.

Versuche, die Richtigkeit der Theorie durch Experiment und Calcül zu beweisen.

Versuche in dieser Richtung sind mehrfach angestellt, die umfassendsten und zugleich bekanntesten darunter jene von Dulong und Despretz. Dieselben verglichen die von einem Thiere in der Zeiteinheit gelieferte Wärmemenge mit derjenigen, welche aus der Verbindung des in derselben Zeiteinheit absorbirten Sauerstoffs mit dem Kohlen- und Wasserstoff der Gewebe zu Kohlensäure und Wasser hervorgehen konnte.

Voraussetzungen, von denen Dulong u. Despretz bei ihren Experimenten ausgingen.

Sie gingen daher zunächst von der Voraussetzung aus, dass die gesammte von einem Thiere innerhalb einer gegebenen Zeit gelieferte Wärmemenge, das Product der Oxydation des Kohenstoffs und Wasserstoffs sei, und die Vergleichungsgrösse für die von dem Thiere factisch gelieferte Wärmemenge suchten sie in der Summe der Wärmeeinheiten, welche durch die Verbrennung des freien Kohlenstoffs und des freien Wasserstoffs gebildet werden.

Damit waren aber mehrere weitere hypothetische Voraussetzungen gegeben. Man setzte voraus, dass die in den organischen Verbindungen der Nahrung enthaltenen Kohlenstoff- und Wasserstoffatome gerade so viel Wärmeeinheiten im thierischen Verbrennungsprocesse ausgeben, als wären sie im freien Zustande verbrannt. Man nahm ferner an, dass alle gebildete Kohlensäure sich in der Ausathmungsluft wiederfinde und dass, da der absorbirte Sauerstoff endgültig nur zur Kohlensäure- und Wasserbildung verwendet werde, man den zur Wasserbildung verwendeten Theil des absorbirten Sauerstoffs finden müsse, wenn man den in der ausgeathmeten Kohlensäure enthaltenen Sauerstoff von dem ganzen verschwun-

denen Sauerstoff abziehe; man fügte endlich zu dieser Unterstellung noch den weiteren Zusatz, dass der Sauerstoff, welcher in den organischen Verbindungen des Thierkörpers und der Nahrungsmittel als Bestandtheil enthalten ist, so angesehen werden müsse, als habe er einen ihm entsprechenden Wasserstoffantheil der Verbindung bereits zu Wasser verbrannt; um ein Beispiel zu wählen, wenn man die bei der Verbrennung des Zuckers frei werdende Wärme berechnen wollte, so hätte man nur die Verbrennungswärme für den Kohlenstoff zu finden, da der Sauerstoff des Zuckers mit dem Wasserstoffe desselben geradeauf schon Wasser bildet, oder, allgemein ausgedrückt, um die latente Wärme einer Verbindung zu berechnen, habe man eine ihrem Sauerstoffgehalte entsprechende Wasserstoffmenge abzuziehen. Endlich ergab sich als weitere Voraussetzung nach allem Diesen von selbst, dass die Zahl der Wärmeeinheiten, welche die Gewichtseinheit eines Atoms, oder einer Atomgruppe beim Uebergange aus einer niederen in eine höhere Oxydationsstufe entwickelt, gänzlich unabhängig sei von der Art und Zahl der Mittelstufen, welche zwischen den beiden Endgliedern gelegen sind. Diese Voraussetzung war absolut nothwendig, denn man konnte auch zur Zeit der Versuche von Dulong u. Despretz unmöglich annehmen, dass die unmittelbaren Producte der thierischen Verbrennung Kohlensäure und Wasser seien. Aber 1 Gramm Stearinsäure z. B. gebe, wenn sie durch Sauerstoff endgültig zu Kohlensäure und Wasser verbrannt werde, immer dieselbe Wärmemenge, gleichgültig, ob die Verbrennung in einem Acte, oder in der Art geschieht, dass sich noch mancherlei Zwischenproducte, niedere Glieder der Fettsäurereihe u. s. w. einschieben, bevor die Endproducte: Kohlensäure und Wasser, gebildet sind.

Verfahren von Dulong u. Despretz.

Mit Zugrundelegung dieser und anderer, ebenso hypothetischer, zum Theil aber geradezu unrichtiger Voraussetzungen bestanden die Versuche von Dulong u. Despretz im Wesentlichen darin, dass man ein Thier in einen Calorimeter brachte und maass, welche Wärmemenge es darin in einer gegebenen Zeit nach aussen abgab. Man verglich ferner die in diesem Zeitraume in der Exspirationsluft auftretende Kohlensäuremenge mit der, während derselben Zeit absorbirten Sauerstoffmenge und stellte nun nachstehende Berechnung an. Der Sauerstoff, der sich in der Kohlensäure nicht wiederfand, war zur Wasserbildung verwendet und daher durch Rechnung die Menge des gebildeten Wassers zu finden. War nun die in der Kohlensäure enthaltene Kohlenstoffmenge $= m$ und die im berechneten Wasser enthaltene Wasserstoffmenge $= n$, so berechnete man die Wärmemenge, welche bei der Verbrennung von m Gewichtstheilen freien Kohlenstoffs und von n Gewichtstheilen freien Wasserstoffs entwickelt werden, addirte diese beiden Grössen und verglich nun diese Summe mit der von dem Thiere innerhalb der gegebenen Zeit factisch entwickelten Wärmemenge. Das Resultat dieser Versuche war, dass die so berechnete Wärmemenge immer geringer ausfiel, als die wirklich gefundene. Für 100 wirklich abgegebene Wärme

Resultat der Versuche von Dulong u. Despretz.

ergab sich als Mittel zahlreicher, von Dulong angestellter Versuche, eine auf 75·2 berechnete Wärmemenge, während sich in den von Despretz angestellten Beobachtungen, das Mittel der berechneten Wärmemenge auf 81·1 Proc. der direct gefundenen stellte.

Dasselbe war die Folge von theilweise unrichtigen Voraussetzungen.

Dieses zur Zeit, als die Versuche veröffentlicht wurden, Vielen überraschende Resultat, kann bei dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft nicht mehr in Verwunderung setzen, denn es kann keinem Zweifel unterliegen, dass auf dem von Dulong u. Despretz eingeschlagenen Wege die Gesammtwärme nicht gefunden werden konnte, die aus chemischen Umsetzungen im Körper entwickelt wird, da einige der Voraussetzungen, auf denen sie fussten, entschieden unrichtig sind und zwar fast durchgängig nach einer Seite hin, die eine Unterschätzung der gelieferten Wärme zur Folge haben musste. Wir verzichten darauf, dies näher zu begründen, da diese Verhältnisse ihrer Natur nach, nicht dem Gebiete der Chemie, sondern vielmehr jenem der Physik angehören und bemerken nur zur Orientirung unserer Leser, dass Fick in seinem Lehrbuche der physiologischen Physik eine sehr eingehende und sachgemässe Kritik der Dulong-Despretz'schen Methode gegeben hat.

Wir werden wohl dem berühmten Physiker Regnault beipflichten dürfen, der ebenfalls nicht bezweifelt, dass die thierische Wärme gänzlich durch die chemischen Vorgänge im Organismus hervorgerufen werde, wohl aber, ob es bei der verwickelten Natur der Erscheinungen und bei der Menge unbekannter Grössen je gelingen werde, dieselben dem exacten Calcül unterwerfen zu können.

Die weiteren Beziehungen der thierischen Wärme, welche von den Physiologen gegenwärtig sehr lebhaft erörtert werden, gehören in das Gebiet entweder der reinen Physiologie, oder der physiologischen Physik, oder endlich in jenes der Pathologie (Fieberlehre). Ohne sie im Texte zu berücksichtigen, haben wir die an Controversen reiche neuere Literatur in die Literaturübersicht aufgenommen.

Chemie der Ernährung.

Literatur: J. v. Liebig: Die organ. Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie 3te Aufl. 1846. — Derselbe: Chemische Briefe 4te Aufl. 1859. Bd. II, S. 42. — Moleschott: Physiologie d. Nahrungsmittel 2te Aufl. 1859. — Derselbe: Der Kreislauf des Lebens. 5te Aufl. 1877. — Artmann: Die Lehre von den Nahrungsmitteln. 1859. — Hildesheim: Versuch einer Normaldiät. 1856. — Knapp: Die Nahrungsmittel in ihren chemischen und technischen Beziehungen. 1848. — v. Bibra: Die Getreidearten und das Brot. 1860. — Eward Smith: Die Nahrungsmittel. Leipzig

1874. — Lyon Playfair: Proceed. of the royal Instit. of Great Britain 1853; Edinb. new philos. Journ. 1854. January to April 266. — C. Ludwig: Lehrb. der Physiologie. 2te Aufl. Bd. II, S. 587 u. 671. — Valentin: Art. „Ernährung“ im Handwörterbuch der Physiologie Bd. I, S 367. — Derselbe: Lehrbuch der Physiol. Bd. I, S. 723. — Bidder und Schmidt: Die Verdauungssäfte u. d. Stoffwechsel. 1852. — Barral: Statique chimique des animaux. Paris 1850. — Chossat: Sur l'inanition. Mémoires des savans étrangers T. VIII. — Schuchardt: Quaedam de effectu, quem privat. singul. part. nutriment. constituentium etc. Dissert. Marburgi 1847. — Th. L. W. Bischoff: Der Harnstoff als Maass des Stoffwechsels, 1853. — C. Voit: Beiträge zum Kreislauf des Stickstoffs. Dissert. Augsburg 1857. — Th. L. W. Bischoff u. C. Voit: Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers 1860. — C. Voit: Unters. über den Einfluss des Kochsalzes, des Kaffees und der Muskelbewegungen auf den Stoffwechsel. 1860. — C. Vogt: Unters. über die Absond. des Harnstoffs und deren Verhältniss zum Stoffwechsel, Unters. zur Naturlehre, herausgeg. von Moleschott Bd. VII; als Separatabdruck daraus. Giessen 1861 (Kritik). — C. Schmidt und Stürzwage: Ueber den Einfluss der arsenigen Säure auf den Stoffwechsel. Untersuch. zur Naturlehre etc. Bd. VI, S. 283. — Boussingault: Annal. de chim. et de phys. T. LXI, 1839; T. XIV, 3. Sér. 1845. — Regnault: Ebenda T. XXVI, 1849. — C. Voit: Ann. d. Chem. u. Pharm. Suppl. II, 1862 bis 1863. S. 238. — Derselbe: Zeitschr. f. Biol. 1865. S. 69. 282; ebenda 1866. S. 77. — Derselbe: Zeitschr. für Biol. Jahrgang II, 1866. 3tes Heft. S. 307. — Derselbe: ebenda II, S. 6. 189. — III, 1. — Derselbe: Ueber die Theorie der Ernährungsweise. München 1868. — Derselbe: Zeitschr. f. Biol. IV, 297. 116. 517. V, 330. 431. 79. — Derselbe: Sitzungsber. der Münch. Akad. 1869. 4. Dec. — Derselbe: Zeitschr. f. Biol. VI. (1870). — Derselbe: Sitzungsber. d. Münch. Akad. 1871. S. 254. Ebenda 1871. S. 78. — Derselbe: Zeitschr. f. Biol. VIII, 297. — Derselbe: Zeitschr. f. Biol. X. 202. — Pettenkofer: Annal. d. Chem. u. Pharm. Suppl. II, S. 1. — Derselbe: Zeitschr. f. Biol. 1865. S. 38. — Derselbe: Zeitschr. f. Biol. Bd. X. — Pettenkofer u. Voit: Annal. d. Chem. u. Pharm. Suppl. II, S. 52. 247. 361. — Dieselben: Sitzungsber. der Münch. Akad. 1867. 9. Febr. — Dieselben: Zeitschr. f. Biol. II, 459. III, 380. V, 369. 319. VII, 433. IX, Heft 1, 1—40. — Dieselben: Zeitschr. f. Biol. IX, 435. — Etzinger: Zeitschr. f. Biol. X, 84. — Woroschiloff: Berl. klin. Wochenschrift 1873. Nr. 8. — J. Ranke: Archiv f. Anat. u. Phys. 1862. S. 311. — Derselbe: Tetanus. Leipzig 1865. S. 234. — Derselbe: Die Blutvertheilung u. der Thätigkeitswechsel der Organe. Leipzig 1871. — Reiset: Annal. de Chim. et de Phys. (3. Sér.). T. LXIX, 1863; Compt. rend. LVI, 740. — Henneberg u. Stohmann: Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer. Braunschweig 1862 bis 1864. — Grouven: Physiol. chem. Fütterungsversuche über den Nährwerth einiger allgem. verbreit. stickstofflosen Nahrungsbestandtbeile. Berlin 1864. — W. Henneberg: Die Salzmünder Fütterungsversuche (Kritik des Obigen), Journal für Landwirthschaft 1865. Heft I, S. 1. — Derselbe: ebenda 1868. III, 1. — Derselbe: Landwirthsch. Versuchsst. 1868. X, 437. — Derselbe: Centralbl. f. d. med. Wiss. 1869. S. 225. — Derselbe: Neue Beitr. zur Begründung einer rat. Fütterung der Wiederkäuer 1870, S. 72. — Derselbe: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. III, 408. — Stohmann: Journ. f. Landwirthsch. 1868. III, S. 135. 307. 420. — Derselbe: Annal. der Landwirthsch. 1868. XXVI, 226. — Derselbe: Journ. f. Landwirthsch. 1869. IV. 129. 340. — Derselbe: Zeitschr. d. landwirthsch. Centralvereins der Prov. Sachsen 1869. 201. 328. — Derselbe: Centralbl. f. d.

med. Wiss. 1869. 322. — Derselbe: Zeitschr. f. Biol. VI, 204. — Lyon Playfair: On the food of man in relation to his useful work. Edinburgh 1865. — Derselbe: Med. Times and Gaz. 1866. II, 325. — Edward Smith: Philos. Transact. 1859. P. II, p. 681 bis 715. — Lawes und Gilbert: ebenda p. 493. — Fick und Wislicenus: Vierteljahrschrift der Züricher naturforsch. Gesellsch. Bd. X, S. 317. — Frankland: Proceed. of the royal Instit. 1866. June. — Traube: Archiv f. path. Anat. XXI, 386. — Fick: Untersuch. über Muskelarbeit. Basel 1867. — Haughton: Med. Times and Gaz. 1867. p. 269. 205. 1868. II, p. 171. 203. — J. Douglas: Philos. Mag. 1867. Oct. 273. — Parkes: Proceed. of the r. soc. XV, 339. — Derselbe: ebenda XVI, 44. — Derselbe: British med. journ. 1871. I, 275. 304. 334. — Derselbe: Proceed. of the r. soc. 1871. XIX, 349. — Speck: Untersuch. über Sauerstoffverbr. u. Kohlensäureausscheidung. Schrift. d. deutsch. Gesellsch. zur Beförderung d. Naturwissensch. zu Marburg. X, 1871. — Meissner: Zeitschr. f. rat. Med. XXXI, 259. 272. 336. 337. — Seegen: Wiener akad. Sitzungsber. LV. [2] März. 357. — Derselbe: Wiener med. Wochenschrift. Nr. 10, S. 13. — Derselbe: Wiener akad. Ber. LXIII, 1871. Januar. März. — Seegen u. Nowak: Arch. f. Physiol. VII, 284. — Schenk: Wiener akad. Sitzungsber. LXI, 1870. Januar. — Petersen: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1871. S. 726. — Siewert: Zeitschr. f. d. ges. Naturwissenschaften von Giebel u. Heintz XXXI, 458. — Leube: Deutsch. Arch. f. klin. Med. VII, 1. — J. Forster: Beiträge zur Ernährungsfrage. München 1873. — Derselbe: Versuche über die Bedeutung der Aschenbestandtheile. München 1873. (Beide Arbeiten auch in Zeitschr. f. Biologie IX.) — O. Kohlrausch: Ueber die Zusammensetzung einiger essbaren Pilze. Dissert. Göttingen 1867. — Weiske: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1870. Nr. 26. — Dahlen: Landwirthsch. Jahrb. III, 3. — L. Hermann: Ein Beitrag zum Verständniss der Verdauung u. Ernährung: Antrittsrede. Zürich 1869. — Derselbe: Berl. klin. Wochenschrift 1868. Nr. 18 u. f. — J. Liebig: Ueber die Gährung, die Quelle der Muskelkraft u. die Ernährung. München 1870. — Gustav Meyer: Zeitschr. f. Biol. VII, 7. — Schulze u. Märker: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1869. S. 225. — Dieselben: Journ. f. Landwirthsch. V, 1. 202. 284. 347. — Hoppe-Seyler: Arch. f. Physiol. VII, 399. — Ph. Biedert: Arch. f. path. Anat. LX, 352. — Strümpell: Deutsch. Arch. f. klin. Med. XVII, 108. — Tschiriew: Arb. d. physiol. Inst. in Leipzig. 1875. S. 292. — J. Forster: Zeitschr. f. Biol. XI, 496. — F. A. Falck: Beitr. z. physiol. Hygieine von Falck sen. u. jun. I, S. 1. — Böhm u. Hoffmann: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1876. S. 481. — H. Wegscheider: Ueber die normale Verdauung von Säuglingen. Berlin 1875. — P. L. Panum: Nordiskt mediciniskt Arkiv. VI, 19. — Voit: Zeitschr. f. Biol. X. — Seegen u. Nowak: Sitzungsberichte d. Wiener Akad. (3) 1875. Bd. LXXI. Sitzung v. 15. Apr. 1875 — Tarinoff: Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1877. S. 275. — J. Koenig: Zeitschr. f. Biol. XII, 497. — Fränkel: Archiv f. path. Anat. LXVII, 273. — Stohmann: Landwirthsch. Versuchsst. XIX, 81. — Voit: Zeitschr. f. Biol. XI, 532. — C. u. E. Voit u. Forster: ebenda 126. — G. Kühne: Lehrb. der physiol. Chem. Leipzig 1866. — L. Hermann: Grundr. der Physiol. 6te Aufl. Berlin 1877. — J. Ranke: Grundzüge der Physiol. des Menschen. 3te Aufl. Leipzig 1875. — Brücke: Vorles. über Physiol. Wien 1874. — Alvaro Reynoso: De l'alimentation inorganique de l'homme et des animaux. Paris 1875. — C. Voit: Ueber die Kost in öffentl. Anstalten. München 1876. — Derselbe: Untersuch. d. Kost in einigen öffentl. Anstalten. München 1877. — Zuelzer: Deutsche Zeitschr. f. prakt. Med. 1878. Nr. 2 u. 3. — Mehring u. Zuntz:

Arch. f. Physiol. XV, 643. — Edward Smith: Die Nahrungsmittel (Internat. Biblioth.). Leipzig 1874. — J. Ranke: Die Ernähr. des Menschen. München 1876.

Unter dieser Ueberschrift handeln wir ab: die chemischen Verhältnisse der Nahrungsmittel, ihrer Verdauung und Assimilation und die chemische Statik des Stoffwechsels, d. h. die Bilanz der Einnahmen und Ausgaben des thierischen Haushaltes. Es kann bei der Betrachtung dieser Functionen natürlich nur das Berücksichtigung finden, was direct oder indirect auf Affinitätswirkungen zurückführt, auch werden wir uns in der Schilderung des hierher Gehörigen mehrfach auf an anderen Orten Erörtertes beziehen können.

Nahrungsmittel.

Nahrungsmittel.

Durch Haut und Lunge, durch Nieren und Darm treten fortwährend beträchtliche Mengen wägbarer Stoffe aus dem Körper, die, wenn das Leben erhalten werden soll, durch Zufuhr von aussen wieder ersetzt werden müssen. Dies geschieht durch die Nahrungsmittel.

Im weitesten Sinne verstehen wir unter Nahrungsmitteln solche Stoffe, welche, von aussen eingeführt, den Wiederersatz des Verlorenen leisten.

Der Körper aber verliert Wasser, er verliert Eiweisskörper und Albuminoïde, er verliert Fette, und er verliert endlich anorganische Salze. Wasser und anorganische Salze treten als solche wieder aus, die Eiweisskörper aber werden in Kohlensäure, Wasser, Harnstoff, Harnsäure u. s. w. umgesetzt, die Fette grösstentheils zu ihren Endproducten verbrannt ausgeführt.

Es ist aber eine dem Thierorganismus zukommende und bereits an anderen Orten hervorgehobene Eigenthümlichkeit, dass ihm im Allgemeinen das Vermögen, einfachere Atomgruppen zu complexeren zu vereinigen, oder mit anderen Worten, sich die Bestandtheile seines Leibes synthetisch aus Elementen oder einfacheren Verbindungen zu construiren, abgeht. Das zum Ersatze des Verlorenen Bestimmte muss dem letzteren nicht allein gleichwerthig, sondern auch gleichartig sein, der Thierorganismus muss in seiner Nahrung die Bestandtheile seines Leibes bereits fertig gebildet erhalten. Eine Ausnahme, aber auch nur bis zu einem gewissen Grade macht das Fett, insoferne man annehmen muss, dass ein Theil desselben aus Eiweisskörpern und vielleicht auch aus Kohlehydraten erzeugt werden kann.

Hieraus ergiebt sich von selbst, dass die vollständige Nahrung des Thieres wird enthalten müssen:

Nothwendige Bestandtheile der vollständigen Nahrung.

Eiweisskörper, Fette, Kohlehydrate, die anorganischen Salze, die Bestandtheile des Thierkörpers sind und Wasser. Da der Körper auch fortwährend Albuminoide verliert (Mucin, Collagen und Chondrigen, Keratin), so könnte es scheinen, dass auch diese dem Körper als solche zugeführt werden müssten, allein wir haben bereits an an-

derem Orte gezeigt, dass diese Stoffe selbst schon der regressiven Stoffmetamorphose insoferne angehören, als sie im Organismus durch Austritt von Kohlenstoff, durch Oxydation aus den Albuminstoffen entstehen können.

Der Beweis aber, dass die weiter oben genannten Stoffe wirklich als solche in der Nahrung enthalten sein müssen, ist empirisch aufs Vollständigste erbracht durch die Erfahrung, dass Thiere verhungern, wenn ihnen eine Nahrung gereicht wird, welche diese Stoffe nicht enthält.

Begriff der Verdaulichkeit.

Ein Gehalt der Nahrung an diesen wesentlichen Bestandtheilen genügt aber in seiner Allgemeinheit noch keineswegs, um dieselbe für eine ihrem Zwecke entsprechende zu erklären; vielmehr tritt noch als weitere Bedingung hinzu: die einzelnen Bestandtheile der Nahrung müssen darin in einer Form enthalten sein, in welcher sie von den verdauenden Säften in Blutbestandtheile umgewandelt werden können. Näher erläutert, setzt diese Bedingung voraus, dass die Nahrungsstoffe durch die Verdauungssäfte gelöst oder absorbirbar gemacht werden, und namentlich nicht von unlöslichen oder undurchdringlichen Hüllen umgeben sein dürfen. Da endlich die Nahrungsmittel, mit Ausnahme der Salze, sich gegen die Nerven indifferent verhalten, so müssen sie nervenerregende (schmeckende, beissende, brennende etc.) Zusätze erfahren (Gewürze). Denn nur dadurch wird es möglich, die Verdauungsdrüsen, die unter dem Einflusse der Nerven absondern, zur Bildung einer genügenden Menge verdauender Säfte zu veranlassen.

Unterscheidung von Nahrungsmitteln und Nahrungsstoffen.

Aus dem Gesagten folgt ohne Weiteres die Nothwendigkeit einer Unterscheidung von Nahrungsmitteln und Nahrungsstoffen. Unter Nahrungsmitteln wird man nur solche Stoffe verstehen können, welche Repräsentanten aller zum Ersatze des Verlorenen nöthigen Stoffgruppen enthalten, also Substanzen, die Eiweisskörper, Fette oder Fettbildner, die anorganische Salze und Wasser enthalten. Eiweisskörper, Fette oder Fettbildner für sich, anorganische Salze und Wasser für sich aber sind Nahrungsstoffe.

Die Wichtigkeit der Unterscheidung ergiebt sich daraus, weil das physiologische Experiment lehrt, dass keine einzige dieser Stoffgruppen für sich und auch nicht zwei oder drei derselben das Leben zu erhalten vermögen. Für das Wasser, welches wir in einer doppelten Weise, als Getränk und als Bestandtheil der festen oder flüssigen Speisen zu uns nehmen, bedarf dies keines besonderen Beweises; aber auch Eiweisskörper für sich vermögen das Leben nicht zu erhalten. Tiedemann und Gmelin fütterten eine Gans mit gekochtem Eiweiss. Das Thier, welches bei Beginn des Versuchs 8 Pfund und 1 Unze wog, starb am 46sten Tage und hatte vor dem Tode nur noch ein Gewicht von $4^1/_2$ Pfund. Hunde, welchen gekochtes Eiweiss vorgesetzt wurde, verschmähten diesen Nahrungsstoff völlig, trotz des quälendsten Hungers, sie frassen aber

Faserstoff; trotzdem aber, dass sie während einer langen Versuchsdauer, täglich 500 bis 1000 g Faserstoff zu sich nahmen und verdauten, nahm ihr Gewicht doch constant ab, die Magerkeit wuchs von Tag zu Tag und endlich erfolgte der Tod unter den Erscheinungen der Inanition (Magendie als Berichterstatter einer Commission). Aehnliche Erfahrungen wurden mit Leim gemacht. Bei den Versuchen einer Pariser Commission frassen die Hunde den Leim entweder gar nicht, oder sie frassen ihn zwar, aber mit keinem anderen Erfolge, als dass sie unter den Erscheinungen des Hungertodes zu Grunde gingen.

Die Versuche, welche mit Kohlehydraten, mit Fetten, mit Albuminstoffen und anorganischen Salzen, mit Fetten, Kohlehydraten und anorganischen Salzen, mit Albuminstoffen, Fetten und Kohlehydraten, sonach in den verschiedensten Combinationen angestellt wurden, hatten alle den gleichen Erfolg, sie lieferten den Beweis, dass zur Erhaltung des Lebens eines Thieres, dasselbe in seiner Nahrung alle vier Gruppen von Nahrungsstoffen erhalten muss.

Unwesentliche Bestandtheile der Nahrungsmittel.

Andererseits aber besteht nicht Alles, was wir mit unseren Speisen und Getränken dem Magen zuführen, aus Nahrungsstoffen. So sind im Fleische Keratinfasern enthalten, welche an und für sich unverdaulich, auch nicht im chemischen Sinne unter den Begriff der Nahrungsstoffe fallen; ebenso wenig ist das Kreatin als ein solcher zu betrachten, die Aepfelsäure der Kartoffeln, der Sand des Brotes, manche Gewürze u. s. w. Alle diese Stoffe tragen, wenn sie auch, wie z. B. die Gewürze, gewisse andere Zwecke erfüllen, direct zum Ersatze des Verlorenen nichts bei und werden, insoferne sie in den Verdauungsflüssigkeiten unlöslich sind, wie Sand, ältere Hüllen von Pflanzenzellstoff, Keratingewebe u. s. w., durch den Darm unverändert ausgeschieden, oder, falls sie auch durch Auflösung ins Blut gelangen, alsbald wieder verändert oder unverändert durch die ausscheidenden Drüsen aus dem Körper entfernt.

Die Milch ist ein Beispiel eines vollkommenen Nahrungsmittels.

Wenn wir zunächst die Ernährungsverhältnisse des Menschen ins Auge fassen, so giebt es nur wenige Speisen, welche für sich alle vier Gruppen der Nahrungsstoffe in einem zur vollständigen Ernährung genügenden Verhältnisse enthalten. Die Milch ist ein Beispiel eines durch die Natur unmittelbar gelieferten Nahrungsmittels, welches wenigstens qualitativ allen Anforderungen eines vollkommenen entspricht. Sie enthält Eiweisskörper, Fette, ein Kohlehydrat und alle Blutsalze und zwar, wie wir später sehen werden, in Verhältnissen, die wenigstens unter gewissen Lebensbedingungen, den Verlust völlig zu decken vermögen. Im Allgemeinen ist aber der Mensch darauf angewiesen, seine Speisen so zu combiniren, dass der Mangel der einen an gewissen Nahrungsstoffen, durch den Zusatz einer anderen daran reicheren, ausgeglichen wird.

Eintheilung der Nahrungsstoffe in stickstoffhaltige und stickstofffreie.

Die organischen Nahrungsstoffe zerfallen in zwei Hauptgruppen: in stickstoffhaltige und in stickstofffreie. Die erste Gruppe umfasst

die Eiweisskörper und ihre stickstoffhaltigen nächsten Abkömmlinge, die zweite die Kohlehydrate, die Fette und die in den vegetabilischen Nahrungsmitteln enthaltenen stickstofffreien organischen Säuren. Für den Aufbau des Körpers sind aber diese beiden Gruppen entschieden von ungleichem Werthe.

Alle Gebilde des Thierkörpers, welche eine selbstständige Form besitzen und die Form anderer bedingen, bestehen aus stickstoffhaltigen Materien in überwiegender Menge; dasselbe gilt aber auch für das Blut und die übrigen Ernährungsflüssigkeiten, wofür in dem vorliegenden Werke genug Zahlenbelege gegeben sind. Die Fette, obgleich vielfach an der Gestaltung der Gewebe in sehr wesentlicher Weise betheiligt und für ihre Function unentbehrlich, zeigen nirgends eine selbstständige Form und treten in den meisten Geweben an Menge sehr zurück. Wir müssen daher annehmen, dass der Schwerpunkt der Function der stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe im Ernährungsprocesse, in ihrer Bedeutung für die Neubildung der Gewebe und Organe liegt, schon einfach deshalb, weil sie nach der chemischen Zusammensetzung dieser Gebilde dazu in überwiegender Menge verwendet werden müssen. Damit steht aber keineswegs im Widerspruche, dass auch stickstofffreie Substanzen sich bei der Gewebsbildung betheiligen, ja dass diese letzteren zur Bildung der Muskelfaser, des Nervengewebes u. s. w. ebenso unentbehrlich sind, wie die stickstoffhaltigen Substanzen oder die anorganischen Stoffe.

Plastische Nahrungsstoffe und Respirationsmittel.

Liebig drückte seine Anschauung über das Verhältniss beider Gruppen zur Ernährung und ihren Werth für die verschiedenen Factoren der Function seiner Zeit dadurch aus, dass er die stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe als plastische oder blutbildende, die stickstofffreien dagegen als respiratorische oder Respirationsmittel bezeichnete, und zwar in dem Sinne, dass er den letzteren einen bedeutenderen Antheil an der Entwickelung der thierischen Wärme zuschrieb, da sie im Verlaufe des Stoffwechsels zu den Endproducten: Kohlensäure und Wasser, verbrannt werden, während die ersteren zum Theil noch in Form quaternärer Verbindungen (Harnstoff, Harnsäure etc.) und daher mit einem noch bedeutenden Spannkraftsvorrathe aus dem Körper ausgeschieden werden. Da jedoch das Leben das Product der Umsetzung ebensowohl der stickstoffhaltigen als auch der stickstofffreien Körperbestandtheile und ihrer Betheiligung bei den Functionen der Ernährung ist, und da niemals weder die Umsetzung der stickstofffreien, noch jene der stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe allein vor sich geht, sondern immer beide Stoffreihen gleichzeitig, wenn auch in ungleicher Ausdehnung in die Zersetzung eintreten und folgerichtig auch die thierische Wärme nur das Product des Stoffwechsels beider Gruppen sein kann, so kann von einem Gegensatze in ausschliesslicher Bedeutung zwischen stickstofffreien und stickstoffhaltigen Nahrungsstoffen um so weniger die Rede sein, als nach den neueren Untersuchungen von Pettenkofer u. Voit

die Fette durchaus nicht jenen Grad der Verbrennlichkeit im thierischen Vebrennungsprocesse zeigen, den ihnen Liebig zuschrieb. Dasselbe gilt aber jedenfalls auch für eine weitere teleologische Eintheilung.

Beziehung der Nahrungsstoffe zu den Bewegungserscheinungen des Organismus.

Es lag nämlich nahe, diese Betrachtungen auch auf die Frage auszudehnen, in welchem Verhältnisse die stickstoffhaltigen und die stickstofffreien Nahrungsstoffe zu den Bewegungserscheinungen des Organismus: zu der von ihm geleisteten Arbeit stehen; in der That führten dieselben zur weiteren Unterstellung eines Gegensatzes beider in dem Sinne, dass die ersteren durch ihre Umsetzungen die Bewegung, die Arbeitsleistung vermitteln (kynesogene Nahrungsstoffe), während die letzteren als Wärmeerzeuger (thermogene Nahrungsstoffe) die thierische Wärme liefern sollten (Liebig, Bischoff u. Voit). Nichts kennzeichnet besser die Neigung der heutigen Physiologie, sich in Gegensätzen und apodictischen Schlüssen, aufgebaut auf sehr schwankenden thatsächlichen Grundlagen, zu bewegen, wie die Thatsache, dass sie gegenwärtig den obigen Satz nicht etwa als zu einseitig verwirft, sondern einfach nur auf den Kopf stellt. Nicht die stickstoffhaltigen Nahrungs- und Gewebsbestandtheile sind es nun, welche durch ihre Umsetzungen die mechanischen Arbeitsleistungen bedingen, sondern die Verbrennung der stickstofffreien ist die Quelle der Muskelkraft. Es würde nicht schwer halten, den Nachweis zu führen, dass noch zahlreiche Vorfragen gestellt und beantwortet sein müssen, bevor wir daran denken können, die Hauptfrage zur endgültigen Entscheidung zu bringen und wie weit wir noch von diesem Ziele entfernt sind. Da uns jedoch Plan und Anlage dieses Werkes eine eingehende Kritik nicht gestatten, so müssen wir uns darauf beschränken, das, was für jede dieser Alternativen besonders geltend gemacht wird, anzuführen und kurz zu würdigen.

Gründe für die Ansicht, dass der Stoffumsatz der stickstoffhaltigen Gewebsbestandtheile Quelle der mech. Bewegungserscheinungen sei.

Die Ansicht, dass der Stoffumsatz der stickstoffhaltigen Gewebsbestandtheile die Quelle der mechanischen Bewegungserscheinungen sei, wird durch folgende Gründe motivirt: 1) Alle zur Bewegung und Kraftäusserungen dienenden Gewebe bestehen aus Eiweisskörpern in überwiegender Menge, und tritt in ihnen das Fett an Menge sehr zurück. 2) Mechanische Arbeit, körperliche Anstrengung hat vermehrten Stoffumsatz der stickstoffhaltigen Atomcomplexe und dabei vermehrte Stickstoffausscheidung zur Folge. 3) Körperliche Arbeit bei Menschen wie bei Thieren verlangt eine an Eiweisskörpern reichere Nahrung, als der Ruhezustand; ja es steht die Arbeitskraft von Menschen und Thieren in einem ganz bestimmten Verhältnisse zur Menge der, in der Nahrung aufgenommenen stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe; die Arbeitsleistung von Menschen, Pferden und Ochsen ist der Menge der von ihnen aufgenommenen stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe gerade proportional (L. Playfair).

Gegengründe.

Gegen diese Ansicht macht man geltend: 1) Die von Voit, Fick u. Wislicenus, Pettenkofer u. Voit und Haughton, theilweise auch von Noyes constatirte Thatsache, dass körperliche Arbeit

eine Steigerung der Stickstoffausscheidung **nicht** zur Folge habe; während nach den übereinstimmenden Resultaten verschiedener Physiologen eine bedeutende Vermehrung der Kohlensäureausscheidung nach körperlicher Arbeit unzweifelhaft sei. 2) Auf die von Frankland ausgeführten Bestimmungen der Verbrennungswärme von Eiweissstoffen und speciell der Muskelsubstanz sich stützende Berechnungen der Wärmemengen, welche von dem während bestimmter Arbeitsleistungen stattfindenden Umsatze stickstoffhaltiger Substanzen geliefert werden konnten, und Vergleichung dieser Wärmemengen mit ihrem mechanischen Wärmeäquivalente und der Grösse der geleisteten Muskelarbeit; wobei sich ergab, dass der für äussere Arbeit entfallende Antheil des Wärmeäquivalentes nicht hinreichte, um die thatsächlich geleistete Arbeit zu decken (Frankland, Fick u. Wislicenus, Douglas, Haughton). 3) Die Thatsache, dass auch bei stickstoffarmer (d. h. pflanzlicher Kost) bedeutende mechanische Arbeit geleistet werde, mit Hinweis auf unsere Arbeitsthiere und die Bienen (Traube). 4) Den Umstand, dass Thiere und Menschen in heissen Zonen, deren Wärmebildung somit nur geringfügig sein kann, dennoch zum grossen Theil von stickstoffarmer Pflanzenkost leben. 5) Endlich wird den sehr ausführlichen, wie man voraussetzen darf mit aller Umsicht angestellten Untersuchungen Playfair's über den Bedarf von Thieren und Menschen verschiedener Gesellschaftsclassen an Eiweissstoffen in der täglichen Nahrung bei Ruhe und Arbeit, welche mit den vielfältigsten, aller Orten gemachten Erfahrungen von Landwirthen, Vieh- und Pferdezüchtern, Verpflegungsbeamten und Aerzten in Uebereinstimmung stehen, die Behauptung entgegengestellt, dass die tägliche Nahrung verschiedener Arbeiter in England wesentlich in Brot und Speck oder Kartoffeln, oder fetten Klössen bestehe (Frankland); sowie dass Bergbewohner bei ermüdenden Touren nur Speck und Zucker, aber kein Fleisch als Provision mitzunehmen pflegen (Fick u. Wislicenus).

Abwägung der Gründe u. Gegengründe.

Gründe und Gegengründe sind von sehr ungleichem Werthe und zum Theil gar nicht discutirbar. Letzteres gilt vor Allem von den am Schlusse gegebenen Aufstellungen, welche, vereinzelt wie sie sind, nicht geeignet scheinen, die Playfair'schen Zahlen zu widerlegen, ja auch wohl einer anderen Auslegung zugänglich sind. So wäre es recht gut möglich, dass die Bergbesteiger aus Erfahrung wüssten, dass die Verdauungsarbeit der äusseren Arbeitsleistung nicht zuträglich sei. Beweisender wäre es, wenn nachgewiesen würde, dass die Leute **nach** geleisteter Arbeit sich am Besten durch Speck und Zucker restauriren, was aber kaum der Fall sein dürfte. Ebenso wenig Werth kann man darauf legen, dass unsere meisten Arbeitsthiere Pflanzenfresser sind, und dass auch Menschen bei pflanzlicher Kost Arbeit zu leisten vermögen, denn das beweist nur, dass es Pflanzenfresser überhaupt giebt, und dass sich auch Menschen mit pflanzlicher Kost ernähren können, nicht aber, dass die Eiweisskörper an den Bewegungserscheinungen keinen Antheil haben;

denn auch der Pflanzenfresser nimmt in seiner Nahrung Eiweisskörper auf, und Cerealien sowie Brod sind ja bekanntlich in ihrem Gehalte an Eiweissstoffen dem Fleische am Nächsten stehend. Es kann nicht geläugnet werden, dass das Hauptargument für die Liebig'sche Theorie die supponirte Steigerung des Umsatzes der stickstoffhaltigen Gewebsbestandtheile bei der Muskelarbeit war, ebenso wenig aber, dass die neueren Untersuchungen und zwar gerade der bewährtesten Forscher eine derartige Steigerung, wenn wir als Maass derselben den Harnstoff, oder richtiger der stickstoffhaltigen Harnbestandtheile überhaupt gelten lassen, sehr problematisch machten. Dennoch bleibt dabei mancherlei zu bedenken. Wir legen keinen besonderen Werth darauf, dass einzelne Beobachter, wie Weigelin und theilweise auch Noyes (vergl. S. 583) neuerdings wieder Harnstoffvermehrung nach körperlicher Arbeit beobachtet haben wollen, um so grösseren aber auf die mit Umsicht angestellten Veruche von Parkes, aus welchen sich ergab, dass während der Arbeitsleistung die Stickstoffausscheidung (gemessen im Harnstoff) allerdings nicht vermehrt war, dass aber an dem auf die Arbeitsleistung folgenden Ruhetage eine Steigerung desselben eintrat, welche auf keine andere Ursache zurückgeführt werden konnte, wie auf die vorhergegangene Arbeitsleistung, und dann um so merklicher war, wenn in Folge stickstoffarmer Nahrung die Stickstoffausscheidung von Tag zu Tag abgenommen hatte. Die Richtigkeit der Resultate der an zwei Soldaten angestellten Versuche, bei welchen alle Versuchsbedingungen möglichst gleich und genau controlirt waren, vorausgesetzt, würden die während der Muskelarbeit umgesetzten Gewebsbestandtheile allerdings in letzter Form als Harnstoff austreten, aber nicht am Arbeitstage selbst, sondern erst später. Damit in Uebereinstimmung stehen die Resultate der von Pavy und von Flint an dem amerikanischen Schnellläufer Weston angestellten Beobachtungen (vergl. S. 583). E. Smith, obgleich in der Hauptsache mit Fick u. Wislicenus einverstanden, hat bereits gegen den Fundamentalversuch der beiden Genannten (Besteigung des Faulhorns und Bestimmung des während der Arbeitsleistung und sieben Stunden nach derselben ausgeschiedenen Harnstoffs eingewendet, dass derselbe insoferne nicht beweisend sei, weil die Zeit der Harnstoffbildung nicht zusammenfalle mit der Zeit der Harnstoffausscheidung, welche letztere wesentlich durch die Wasserausscheidung durch die Nieren bedingt ist; diese sei aber bei dem Versuche in Folge vermehrter Perspiration jedenfalls vermindert gewesen. Sollte man dabei nicht auf den Gedanken kommen, dass die Muskelthätigkeit von theilweise schon vorbereiteten und aufgespeicherten Spannkräften zehre (Pettenkofer u. Voit), und dass Liebig nicht nur allein geistreich, sondern auch richtig das Verhältniss ausdrückte, als er den Organismus mit einer Uhr verglich, die nur durch Aufziehen mit Kraft, ähnlich wie der Körper mit Speise versehen, und die in Folge von angesammelter Kraft drei und mehr Tage Arbeit verrichten kann, ohne Zufuhr von Kraft,

wobei für die Erhaltung des Ganges es in beiden Fällen allerdings nothwendig erscheint, nach Verlauf einer gewissen Zeit die zur Bewegung verbrauchte Kraft zu ersetzen? Für beide Alternativen würde aber das Argument hinfällig, wenn der Harnstoff überhaupt nicht als Maass des Stoffwechsels verwerthbar wäre, wenn jenes „Stickstoffdeficit" am Ende doch kein wesenloser Schein wäre, d. h. wenn unter gewissen Umständen wirklich nicht aller Stickstoff im Harn wiedererschiene, sondern ein Theil desselben auf anderen Wegen sei es durch die Perspiration, oder gasförmig ausgeschieden würde, wie Regnault u. Reiset sowie Seegen, und in neuester Zeit wieder auf Grund ihrer Versuche Seegen und Nowak behaupten? Bei Weitem der gewichtigste Einwand gegen die ältere Lehre liegt in den Resultaten der Berechnungen von Frankland, Fick u. Wislicenus u. A., welchen zufolge die durch den Umsatz des Muskels bei der Muskelarbeit verfügbar werdende Wärmemenge in mechanische Bewegung umgesetzt gedacht, nicht ausreichen würde, um selbst nur die Hälfte der wirklich geleisteten Arbeit zu decken, selbst dann nicht, wenn man das für die Deckung günstigste Verhältniss statuirte, d. h. die Hälfte der frei werdenden Wärme in mechanische Bewegung umrechnete; da ja für die Wärmeregulation, für die sogenannte innere Arbeit (Herz- und Respirationsarbeit u. s. w.) ein Theil der lebendigen Kraft verfügbar bleiben musste. Es dürfte jedoch gerathen sein, namentlich im Hinblick auf Uneingeweihte, welche sich durch den Apparat exacten Calcüls leicht blenden lassen, die in die Gleichung eingesetzten Werthe sich etwas näher zu betrachten. Die Verbrennungswärme des Rindsmuskels ist von Frankland unter der Annahme berechnet, dass derselbe bei der physiologischen Verbrennung Kohlensäure, Wasser und Harnstoff liefere und zwar so, dass dabei $1/3$ des Gewichtes der trockenen Substanz zu Harnstoff werde; es wird daher die latente Wärme des letzteren in Abrechnung gebracht. Aus dem von Fick u. Wislicenus während der Arbeitsleistung und 6 Stunden darnach ausgeschiedenen Harnstoff wird auf Muskelsubstanz zurückgerechnet; endlich angenommen, dass die Hälfte der totalen Verbrennungswärme für innere Arbeit etc. verwendet werde, die andere Hälfte demnach für äussere Arbeit verfügbar bleibe. Keine einzige dieser Grössen ist aber unanfechtbar, und es wird dadurch natürlich die ganze Berechnung zu einer approximativen Auswerthung. Gleichwohl aber dürfte aus Allem wohl mit Frankland geschlossen werden, dass ein grosser Theil der erzeugten Muskelkraft jedenfalls nicht von der Oxydation der stickstoffhaltigen, sondern von jener der stickstofffreien Nährstoffe herstamme. Gegenwärtig aber geht man weiter und stellt den Satz auf, dass in den Muskeln fast ausschliesslich stickstofffreies Material verbrenne, die Muskelarbeit nur durch letzteres vermittelt werde, entweder durch als solches zugeführtes, oder durch aus den stickstoffhaltigen Stoffen sich abspaltendes, und dass die Zufuhr stickstoffhaltigen Materials nur zur Reparatur des sich abnutzenden Muskelgewebes (zum Flicken des Dampfkessels) diene u. s. w. (Fick, Speck). In überquellender

Freude „wie so herrlich weit man es gebracht“ hält man es an der Zeit (Speck), den Arbeitern den Genuss von Fleisch abzurathen; ihr Bedürfniss verlange Fett, Stärkemehl, Zucker; demnach verweist man sie auf Speck und Kartoffeln etc. Ob die Arbeiter aber Lust haben, diesen wohlgemeinten Rathschlägen gegenüber, mit ihrer bisher leider schon häufig genug so beschaffenen Kost zufrieden zu sein?

Wir kommen nun zur Erörterung in physiologischer Beziehung sehr wichtiger Fragen. Die erste dieser Fragen ist: wovon ist das Nahrungsbedürfniss und die zweite: wovon ist der Ernährungswerth der Nahrungsmittel abhängig; dies führt aber sofort zur weiteren Frage, in welcher Menge die einzelnen Nahrungsstoffe zur vollständigen Ernährung erforderlich sind.

Momente, von welchen das Nahrungsbedürfniss abhängig ist.

Was die erste der aufgeworfenen Fragen anbetrifft, so ist das Nahrungsbedürfniss vor Allem abhängig von dem Betrage des zu deckenden Verlustes und zwar nicht nur allein an wägbaren Materien, sondern auch an Wärme.

Das Nahrungsbedürfniss steigt und fällt mit der Menge der in der Form von Ausscheidungen den Körper verlassenden wägbaren Materien; denn je mehr der Körper an Stoffen verliert, desto mehr müssen ihm von aussen zugeführt werden, dies ist an und für sich klar. Aber die Menge der in der Zeiteinheit vom Körper ausgegebenen Stoffe richtet sich nach dem Sauerstoffverbrauche in der lebendigen Zelle, oder was dasselbe ist, dem Kraftverbrauche.

Je mehr Sauerstoff verbraucht wird, desto mehr Kohlensäure und Wasser, desto mehr Harnstoff u. s. w. werden ausgegeben, desto energischer wird mit anderen Worten der Stoffwechsel. Zwei Thiere, die in gleichen Zeiten ungleiche Mengen von Sauerstoff durch Haut und Lunge in sich aufnehmen, verzehren in einem ähnlichen Verhältnisse ein ungleiches Gewicht von der nämlichen Speise. Ein Kind, dessen Respiration eine lebhaftere ist, muss häufiger und verhältnissmässig mehr Nahrung zu sich nehmen, als ein Erwachsener; ein Vogel stirbt bei Mangel an Nahrung den dritten Tag, eine Schlange, die in einer Stunde unter einer Glasglocke athmend kaum so viel Sauerstoff verzehrt, dass die davon erzeugte Kohlensäure wahrnehmbar ist, lebt drei Monate und länger ohne Nahrung (Liebig).

Auch körperliche Bewegung und Anstrengung bedingt Stoffverbrauch. Der Verbrauch an mechanischer Kraft durch den Körper ist immer gleich einem Verbrauch an Stoff, was nach der Erörterung der Quelle aller Bewegungserscheinungen im Organismus, der Quelle überhaupt aller Kraft, ohne Weiteres verständlich ist. Hieraus erklärt sich die Unverträglichkeit starker körperlicher Anstrengung mit Nahrungsmangel. Aber auch die Bewegung führt wieder auf den Sauerstoffverbrauch zurück, denn auch sie influirt in sehr bestimmender Weise auf die Energie des Stoffwechsels.

Das Nahrungsbedürfniss ist ferner abhängig von dem Wärmeverlust, welchen der Körper durch Abkühlung erleidet. Je grösser dieser Verlust ist, desto mehr muss Wärme neu erzeugt werden; die Quelle aber aller thierischen Wärme ist der Stoffwechsel; je mehr Stoffe umgesetzt werden, desto mehr Wärme wird erzeugt, je mehr aber der Umsatz beträgt, desto mehr muss durch Zufuhr von Aussen gedeckt werden. Die Schnelligkeit der Abkühlung des Körpers wächst aber mit der Differenz seiner eigenen Temperatur und jener des Mediums, worin er sich befindet. Je kälter daher die Luft, desto stärker ist die Abkühlung des Körpers, desto rascher muss der Wärmeverlust gedeckt werden; dies geschieht durch die Wechselwirkung der Körper- und Nahrungsbestandtheile mit dem eingeathmeten Sauerstoff. Hieraus erklärt es sich, dass das Nahrungbedürfniss im Winter und in kälteren Klimaten ein grösseres ist, als im Sommer und in südlichen Gegenden, und dass Kälte und Mangel an Nahrung ebenso unverträglich sind, wie körperliche Anstrengung und Nahrungsmangel.

Ernährungswerth der Nahrungsmittel; wovon derselbe abhängig ist.

Der Ernährungswerth der Nahrungsmittel ist, wenn wir das individuelle Bedürfniss des Organismus und die Verdaulichkeit vorläufig ausser Spiel lassen, zunächst bestimmt durch das Verhältniss, in welchem die vier Grundlagen der Ernährung: Eiweisskörper, Fette oder Fettbildner, anorganische Salze und Wasser in denselben enthalten sind. Der Nahrungswerth eines Nahrungsmittels wird daher um so grösser sein, je mehr das Verhältniss der einzelnen Nährstoffe darin demjenigen entspricht, welches dem jeweiligen Bedürfnisse des Organismus nach Ersatz Genüge leistet. Stellt es sich heraus, dass in der Zeiteinheit durch die Ausscheidungen an Eiweisskörpern, Fetten, anorganischen Stoffen und Wasser, gewisse Durchschnittswerthe dem Körper verloren gehen, so müssen in den Nahrungsmitteln solche Durchschnittswerthe an diesen Stoffen eingeführt werden; wird unter gewissen Bedingungen ein grösseres Verhältniss an Eiweisskörpern ausgeschieden, so müssen mehr Eiweisskörper zugeführt werden. Man sieht sogleich, dass sich der Ernährungswerth eines Nahrungsmittels nach dem jeweiligen Bedürfnisse des Organismus richten wird, und daher nicht a priori bestimmt werden kann.

Bei der grossen Mannigfaltigkeit der noch innerhalb physiologischer Grenzen fallenden Lebensbedingungen und bei den so bedeutenden individuellen Verschiedenheiten, wird es aber auch schwierig sein, auf experimentellem und empirischem Wege zu den mittleren Werthen für das Verhältniss der einzelnen Nahrungsstoffe in der normalen und vollständigen Nahrung zu gelangen, und der Nutzen derartiger mittlerer Werthe wird immer ein beschränkter sein.

Verhältniss der stickstoffhaltigen

Um so bemerkenswerther ist es aber, dass man auf verschiedenen Wegen zu dem Resultate gelangte, dass das Verhältniss der stickstoff-

haltigen zu den stickstofffreien Nahrungsstoffen in der vollständigen Nahrung eines gesunden kräftigen Mannes, vorausgesetzt, dass er an der richtigen Combination derselben nicht durch äussere Verhältnisse gehindert wird, ein verhältnissmässig geringe Schwankungen zeigendes ist und sich demjenigen nähert, in welchem in der ersten vollständigen Nahrung des Menschen: in der Milch, diese beiden Gruppen von Nährstoffen enthalten sind.

zu den stickstofffreien Bestandtheilen in der vollständigen Nahrung des Menschen.

Man bestimmte nämlich, um dieses Verhältniss zu finden, einerseits dasselbe direct in den Hauptnahrungsmitteln; dann, wie viel an stickstoffhaltigen und stickstofffreien Nahrungsstoffen ein kräftig arbeitender gesunder Mann in 24 Stunden zu sich nimmt, wenn er weder durch Noth, noch durch Vorurtheile verhindert wird, das Nahrungsbedürfniss in seinem ganzen Umfange zu befriedigen; oder man bestimmte das Gewicht und die elementare Zusammensetzung der in einer gegebenen Zeit aufgenommenen Nahrung, und der in der gleichen Zeit ausgeworfenen Excremente. Aus beiden Factoren berechnete man, wie viel Nahrung wirklich von dem Körper assimilirt wurde, und in welchem Verhältnisse darin die stickstoffhaltigen und stickstofffreien Stoffe enthalten waren.

Zunächst auf Veranlassung Liebig's und durch seine Schüler wurde in grossen Versuchsreihen das Verhältniss der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Nahrungsstoffen in den wichtigsten Nahrungsmitteln bestimmt; Liebig hat aus den gewonnenen Resultaten nachstehende Tabelle zusammengestellt, welche das Gewichtsverhältniss der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Bestandtheilen der Nahrungsmittel angiebt.

		stickstoffhaltige		stickstofffreie	
Die Kuhmilch	enthält auf	10	:	30	8·8 Fett, 10·4 Zucker
Die Frauenmilch	„ „	10	:	40	
Linsen	enthalten auf	10	:	21	
Pferdebohnen	„ „	10	:	22	
Erbsen	„ „	10	:	23	
Schaffleisch gemästet . .	enthält auf	10	:	27	= 11·25 Fett
Schweinefleisch gemästet	„ „	10	:	30	= 12·05 „
Ochsenfleisch	„ „	10	:	17	= 7·08 „
Hasenfleisch	„ „	10	:	2	= 0·83 „
Kalbfleisch	„ „	10	:	1	= 0·41 „
Weizenmehl	„ „	10	:	46	
Hafermehl	„ „	10	:	50	
Roggenmehl	„ „	10	:	57	
Gerste	„ „	10	:	57	
Kartoffeln, weisse	enthalten auf	10	:	86	
Kartoffeln, blaue	„ „	10	:	115	
Reis	enthält auf	10	:	123	
Buchweizenmehl	„ „	10	:	130	

Aus einer ebenfalls von Liebig mitgetheilten und auf seine Untersuchungen fussenden Tabelle über die Mengen von Fleisch, Brot, Gemüse, Hülsenfrüchten, Bier, Schnaps und Fett, welche in einem Monat von einer Compagnie Soldaten verzehrt wurden, und der in gleichem Zeitraume ausgeschiedenen und in Abzug gebrachten Excremente, berechnet sich das Verhältniss der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Stoffen in der assimilirten Nahrung wie folgt:

Gewicht der Nahrungsmittel in Pfunden	Gewicht des Wassers darin in Pfunden	Gewicht der festen Stoffe in Pfunden	Verhältniss der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Bestandtheilen der Nahrung
4001	1655	2346	298 : 1357
Die Excremente wogen 294 Pfd. mit	220·5	73·5	13 : 51

Bleibt das Verhältniss der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Stoffen in der assimilirten Nahrung 285 : 1306
= 1 : 4·7

Eine Vergleichung dieser Verhältnisszahlen mit den für die einzelnen Nahrungsmittel gegebenen zeigt, dass sie mit denjenigen in der Milch und den vornehmsten Getreidearten übereinstimmen. Ganz ähnliche Zahlen wurden aber auch in directer Weise durch Berechnung der von verschiedenen erwachsenen Männern verschiedener Berufsclassen in 24 Stunden aufgenommenen Nahrungsstoffe von Playfair nach grösstentheils amtlichen Erhebungen und officiellen Quellen gefunden.

Individuen	Stickstoffhaltige Nahrungsstoffe (Eiweissstoffe) in Grammen	Stickstofffreie Nahrungsstoffe in Grammen auf Stärke berechnet
Englischer Soldat im Frieden	120·48	637·87
„ „ im Kriege	128·42	592·51
Französischer Soldat im Frieden . .	125·02	640·71
„ „ im Kriege . . .	183·99	847·66
Deutscher Soldat im Frieden	113·12	629·37
„ „ im Kriege	167·26	717·28
Oesterreichischer Soldat im Frieden .	119·35	592·51
„ „ im Kriege .	146·00	745·60
Nordamerikanischer Soldat im Kriege	158·76	666·22
Englischer Matrose bei frischem Fleisch	141·75	578·34
Französischer Matrose	162·73	756·94
Englischer Eisenbahnarbeiter	157·44	595·35
Englischer Grobschmied	157·77	666·22
Mittel . .	146·16 :	666·63
oder . .	1 :	4·56

Also auch durch diese Versuchsreihe ergeben sich Zahlen, die auf ein ähnliches Verhältniss zurückführen, wie es in der Frauenmilch gegeben ist. Dabei muss berücksichtigt werden, dass dieses Verhältniss aus Beobachtungen an sehr verschiedenen Individuen verschiedener Nationalität, Lebensweise und in verschiedenen klimatischen Beziehungen abgeleitet ist. Dabei ist nicht ausser Acht zu lassen, dass es sich auf Menschen bezieht, die viel körperliche Bewegung haben.

Instinctgesetz.

Es scheint demnach, dass in einer vollständigen Nahrung arbeitender erwachsener Männer auf 1 Gewichtstheil stickstoffhaltiger, etwa 4 bis 5 Gewichtstheile stickstofffreier Nahrungsstoffe kommen müssen, und dass dem eine wirkliche Gesetzmässigkeit zu Grunde liegt, ergiebt sich daraus, dass der Mensch, wenn ihm seine Verhältnisse eine Wahl gestatten, durch einen untrüglichen Instinct geleitet wird, seine Nahrung dem obigen Verhältnisse zwischen stickstoffhaltigen und stickstofffreien Nahrungsbestandtheilen entsprechend zu combiniren; bei Betrachtung obiger Tabelle über das Verhältniss zwischen den beiden Gruppen in den gewöhnlichen Nahrungsmitteln sieht man aber sofort, dass wir durch Mischung dieser Nahrungsmittel eine der Milch oder dem Weizenbrote ähnliche Zusammensetzung hervorbringen können; durch Zusatz von Speck oder fettem Schweinefleisch zu Erbsen, Linsen oder Bohnen, oder

von Kartoffeln zum Ochsenfleisch, von fettem Schinken zum Kalbfleisch, von Reis zum Hammelfleisch, vergrössern wir ihren Gehalt an stickstofffreien Materien. Dasselbe geschieht durch geistige Getränke, welche mit magerem Fleisch und wenig Brot genossen eine der Milch, mit fettem Fleisch eine dem Reis oder den Kartoffeln in Beziehung auf das Verhältniss stickstofffreier und stickstoffhaltiger Bestandtheile ähnliche Mischung geben (Liebig).

Wo der Mensch diesem Instinctgesetze aus Zwang oder Noth nicht folgen kann, da leidet sein Organismus mehr oder weniger. Dies zeigt sich in ganz unzweifelhafter Weise bei den unbemittelten Classen unserer Bevölkerung, die in Folge der bestehenden socialen Zustände auf das wohlfeilste Nahrungsmittel, auf die Kartoffeln beschränkt sind, welche um die Hälfte ärmer an stickstoffhaltigen Bestandtheilen sind, als die Getreidearten und ausserdem noch zu $^3/_4$ aus Wasser bestehen. Es hat mithin die Natur, die bei ausschliesslich Fleisch essenden Wilden sich nur eines Ueberschusses (durch vermehrte Bewegung) zu entledigen braucht, in diesem Falle den ungleich schwereren Kampf mit einem Mangel zu bestehen.

Tägliches Kostmaass arbeitender und ruhender Männer.

Playfair hat versucht, die Mengen der innerhalb 24 Stunden von Erwachsenen in der Nahrung aufgenommenen Eiweissstoffe, Fette, Fettbildner und Salze festzustellen, die zur vollständigen Deckung des Verlustes dem Körper unter verschiedenen körperlichen Zuständen täglich zugeführt werden müssen. Er benutzte zu diesem Zwecke die Diätreglements englischer Hospitäler und englischer und amerikanischer Detentionsanstalten, verschiedener Militärverwaltungen und sonstige amtliche und ausseramtliche Verpflegungstabellen und unterscheidet: 1) Fristungsdiät (bei Reconvalescenten ohne alle Bewegung), 2) Ruhediät (Gefangene), 3) Diät bei mässiger Bewegung (Soldaten im Frieden), 4) Diät bei starker Bewegung (Soldaten im Kriege, Geniesoldaten), endlich 5) Diät bei harter angestrengter Arbeit (Matrosen, Eisenbahnarbeiter, Schmiede etc.). Obgleich seine Zahlen auf zum Theil sehr unsicheren und ihrer Natur nach schwankenden Daten beruhen, und an mancher etwas willkürlichen Unterstellung leiden, so dürften sie doch für die thatsächlichen Verhältnisse einen ungefähren Ausdruck geben, und sich von der Wahrheit nicht gar zu weit entfernen. Nur dürfen wir dabei nicht vergessen, dass diese Verhältnisse nach der Lebensweise, dem Klima, dem körperlichen Zustande u. s. w. innerhalb gewisser, keineswegs genau abgesteckter Grenzen, erheblichen Schwankungen unterworfen sein können.

Als mittlere Werthe nimmt er die in nachstehender Tabelle zusammengestellten an:

In 24 Stunden in Grammen.	Fristungsdiät	Ruhediät	Diät bei mässiger Bewegung	Diät bei starker Bewegung	Diät bei harter Arbeit
Eiweissstoffe	56·70	70·87	119·07	155·92	184·28
Fett	14·17	28·35	51·03	70·87	70·87
Stärke, Zucker etc. . . .	340·20	340·20	530·14	567·50	567·50
Gesammtkohlenstoff der Nahrung	189·94	209·79	337·36	388·39	405·40
Anorganische Salze . . .	9·92	14·17	20·26	26·36	—

Moleschott berechnet das tägliche Kostmaass wie folgt: es beträgt für erwachsene Menschen (Männer):

an Albuminstoffen . . . . . 130 g
„ Fett . . . . 84 „
„ Kohlehydraten . . . . . 404 „
„ Salzen . . . . 30 „
„ Wasser . . . . 2800 „

3448 g

wobei das Wasser der Getränke natürlich mit einbegriffen ist. Der Gesammtverlust des Körpers ist dabei, nach den Bestimmungen von Scharling, Bischoff, Barral und Anderen zu 3818 g angenommen.

Zu sehr übereinstimmenden Zahlen gelangte J. Forster bei directen Versuchen an Menschen in München, d. h. directe Feststellung des Kostmaasses. Forster fand als mittlere tägliche Mengen des Kostmaasses von vier arbeitenden Versuchspersonen und zwar für einen Zeitraum von 9 Tagen:

an Eiweisskörpern . . . . 131·2 g
„ Fett . . . . 88·4 „
„ Kohlehydraten . . . . 392·3 „
„ Wasser . . . . 2945·9 „

Für nicht arbeitende Menschen (Pfründnerinnen) fand er als Mittel einer 7tägigen Versuchsperiode:

Eiweisskörper . . . . 67·0 g
Fett . . . . 38·2 „
Kohlehydrate . . . . 265·9 „
Wasser . . . . 2052·8 „

Das Verhältniss des Stickstoffs zum Kohlenstoff in der Nahrung fand Forster für arbeitende Männer wie 1 : 15, für Pfründnerinnen wie 1 : 17·6. Zu ähnlichen Zahlen kamen auch Voit und J. Ranke,

sowie Pettenkofer und Voit (137 g Eiweiss, 117 Fett, 352 Kohlehydrate).

Aus der Tabelle von Playfair ergiebt sich die Thatsache, dass das Kostmaass an Eiweisskörpern bei ruhenden Männern um mehr als die Hälfte beschränkt werden kann, während der Bedarf an stickstofffreien Nahrungsstoffen verhältnissmässig nur wenig geringer ist: dadurch sinkt aber das Verhältniss zwischen den stickstoffhaltigen und den stickstofffreien Nahrungsstoffen auf 1 : 6·2. Ausserdem aber ergiebt sich daraus, dass bei harter Arbeit nicht nur allein die Eiweisskörper in doppeltem Betrage zugeführt werden, sondern die Fette in nahezu dreifacher Menge, und dass auch die Kohlehydrate in der Nahrung einen beträchtlich höheren Werth darstellen.

Bei allen diesen Zahlen aber, ganz abgesehen von sonstigen Bedenken über die Art, wie sie gewonnen sind, wird man nie vergessen dürfen, dass sie nur insoferne von Werth sind, als es sich dabei um die Berechnung des Bedürfnisses einer grösseren Anzahl von Menschen handelt. Für die Beurtheilung des individuellen Bedürfnisses geben sie keinen sicheren Maassstab.

Inwieferne nun dem Bedürfnisse durch die Speisen, welche der Mensch geniesst, Genüge geleistet werden kann und wie dieselben zu combiniren sind, um den Verlust völlig zu decken, ist eine Frage, deren Beantwortung im Allgemeinen nicht gegeben werden kann und deren besondere Erörterung in die Diätetik gehört. Dass der Mensch überhaupt darauf angewiesen ist, die Speisen zu combiniren, wurde bereits weiter oben erwähnt, und es folgt daraus von selbst, dass ein Nahrungsmittel nur in Ausnahmefällen dem Bedürfnisse genügen kann. Sache der Diätetik ist es daher, zu beurtheilen, welche Nahrungsmittel am besten dazu geeignet sind, einander zu ergänzen, wie es denn andererseits auch häufig geboten ist, in der ärztlichen Diätetik dafür Sorge zu tragen, dem Organismus in einseitigem Sinne gewisse Nahrungsstoffgruppen in reichlicherer Menge zuzuführen.

Alles dies setzt aber die genaue Kenntniss der chemischen Zusammensetzung der Speisen voraus.

Fragen wir nun, was sind die Speisen, die der Mensch für gewöhnlich geniesst, so ergeben sich als solche nachstehende: das Fleisch einiger Säugethiere, Vögel und vieler Fische, die Milch der Wiederkäuer, die Eier grösserer Vögel, die Eingeweide (Leber, Thymus, Hirn und Milz) einiger Säugethiere und Vögel, das Mehl vom Weizen, Roggen, Hafer, Gerste, Mais und Buchweizen; Reis, Bohnen, Erbsen, Linsen und Kartoffeln, einige Pilze (Schwämme), gewisse Baumfrüchte, grüne Gemüse und als Speisenzusätze Zucker, Fette, Oele, gewisse Gewürze und Kochsalz.

In Nachstehendem geben wir in tabellarischer Form die chemische quantitative Zusammensetzung der thierischen und pflanzlichen Nah-

rungsmittel nach den neuesten von J. König, Brimmer, Farwick und Kellermann ausgeführten Analysen [1]).

I. Thierische Nahrungsmittel.

Bezeichnung der Nahrungsmittel	In 100 Theilen				
	Wasser	Eiweissstoffe	Fette	Extractivstoffe resp. Verlust	Salze
1. Mittelfettes Rind.					
Lendenstück	73·48	19·17	5·86	0·11	1·38
Backhast	65·11	17·94	15·55	0·62	0·78
Niere	76·93	15·23	6·66	0·08	1·10
2. Fetter Ochse.					
Vom Hinterviertel . . .	55·01	20·81	23·32	—	0·86
Hinterviertel Backhast .	65·05	19·94	13·97	—	1·14
Backhast durchwachsen .	32·49	10·87	56·11	—	0·53
Herz	71·41	14·65	12·64	0·32	0·98
Lunge	78·97	17·37	2·19	0·40	1·07
Milz	75·71	19·87	2·55	0·17	1·70
Leber	71·17	17·94	8·38	0·47	2·04
3. Schweres Kalb.					
Hals-Carbonade	73·91	19·51	5·57	—	1·01
Kalbsbrust	64·66	18·81	16·05	—	0·92
Kalbskeule	70·30	18·87	9·25	0·44	1·14
Herz	72·48	15·39	10·89	0·18	1·06
Lunge	78·34	16·33	2·32	—	1·32
4. Halbfetter Hammel.					
Niere	78·60	16·56	3·33	0·21	1·31
Leber	68·18	23·22	5·08	1·68	1·84
Zunge	68·31	15·44	15·99	—	1·12

[1]) Ausgeführt an der landwirthsch. Versuchsst. in Münster in Westphalen.

In 100 Theilen.

Bezeichnung der Nahrungsmittel	Wasser	Eiweiss-stoffe	Fette	Extractivstoffe resp. Verlust	Salze
5. 133 k schweres Schwein.					
Schinken	48·71	15·98	34·62	—	0·69
Hals-Carbonade	54·63	16·58	28·03	—	0·76
Rippenstück	43·44	13·37	42·59	—	0·60
Schulterstück	40·27	12·55	46·71	—	0·46
vom Kopf	49·96	14·23	34·74	—	1·07
Herz	75·07	17·65	5·73	0·64	0·91
Lunge	81·61	13·96	2·92	0·54	0·97
Leber	71·16	18·61	8·32	—	1·91
Milz	75·24	15·67	5·83	1·84	1·42
6. Hasen und Geflügel.					
Hase: Von den Lenden	73·73	23·54	1·19	0·47	1·07
Hase: Vorder- und Hintertheil	74·59	23·14	1·07	—	1·29
Hase: Lunge	78·56	18·17	2·18	—	1·16
Hase: Herz	77·57	18·82	1·62	0·86	1·13
Hase: Niere	75·17	20·11	1·82	1·53	1·36
Hase: Leber	73·81	21·84	1·58	1·09	1·68
Fleisch v. Rebhuhn	71·96	25·26	1·43	—	1·39
„ „ Krammetsvogel	73·13	22·19	1·77	1·39	1·52
7. Fische.					
Häring	47·12	18·97	16·67	—	17·24 (15·14 NaCl)
Schellfisch	80·97	17·09	0·35	—	1·64
Stockfisch	18·60	77·90	0·36	0·15	1·51
Bückling	69·49	21·12	8·51	—	1·24
Sardelle	51·77	22·30	2·21	—	23·72 (20·6 NaCl)
Lachs	51·89	26·00	11·72	—	9·39
Caviar	45·05	31·90	14·14	—	8·91

Bezeichnung der Nahrungsmittel	In 100 Theilen Wasser	Eiweiss-stoffe	Fette	Extractivstoffe resp. Verlust	Salze
8. Sonstige animalische Nahrungsmittel.					
Rauchfleisch	47·68	27·10	15·35	—	10·59
Ochsenzunge, geräuchert	35·74	24·31	31·61	—	8·51
Schinken, do. .	27·98	23·97	36·48	1·50	10·07
Cervelatwurst	37·37	17·64	39·76	—	5·44
Frankfurter Würstchen .	42·79	11·69	39·61	2·25	3·66
Blutwurst	49·93	11·81	11·48	25·09	1·69
Leberwurst, I. Sorte . .	48·70	15·93	26·33	6·38	2·66
„ II. „ . .	47·58	12·89	25·10	12·22	2·21
„ III. „ . .	50·12	10·87	14·43	20·71	2·87
Schweineschmalz, I. Sorte	0·14	0·11	99·75	—	Spuren
„ II. „	1·26	0·41	98·33	—	„
Hühnereier	72·46	11·36	13·40	1·73	1·05
Milch	88·0	3·2	4·0	4·0	0·8
Butter	12·0	0·5	86·0	1·5	1·0
Käse	36·0	23·0	37·0	—	4·0

II. Vegetabilische Nahrungsmittel.

Bezeichnung der Nahrungsmittel	in 100 Theilen					
	Wasser	Eiweiss-stoffe	Fette	Kohle-hydrate	Holz-faser	Asche
Roggenmehl, feines . . .	13·38	9·06	1·42	74·53	0·63	0·98
„ grobes . .	15·02	9·18	1·63	69·87	2·62	1·69
Weizenmehl Nr. 0 . .	14·64	8·08	1·24	74·11	0·35	0·60
„ „ 2 . .	14·13	11·12	1·62	71·13	1·19	0·81
„ „ 3 . .	15·40	12·00	1·23	68·95	1·08	1·34
Buchweizenmehl	13·84	9·44	3·32	70·44	0·89	2·07
Buchweizengrütze . . .	14·50	9·31	2·02	72·83	0·50	1·29
Hafergrütze	13·16	12·00	5·34	64·80	2·71	1·99
Griesmehl	14·97	9·31	0·37	74·41	0·21	0·73
Reis	14·41	6·94	0·51	77·61	0·08	0·45
Graupen	12·82	7·25	1·15	76·19	1·36	1·23
Sago	13·00	Spur	Spur	86·50	—	0·50
Makaroninudeln	15·86	8·19	0·29	75·06	—	0·60
Pumpernickel	43·26	6·12	0·93	46·63	0·77	1·89
Roggenbrod	37·22	6·12	0·30	55·18	0·32	0·86
Weizenbrod, feines . . .	26·39	8·62	0·60	62·98	0·41	1·00
„ gröberes . .	38·06	6·20	0·37	53·16	0·90	1·31
Erbsen	14·50	23·00	2·00	53·50	4·50	2·50
Schminkbohnen	14·50	22·50	2·50	53·00	5·00	2·50
Linsen	14·50	26·00	2·50	50·50	4·00	2·50
Kartoffeln	74·50	2·00	0·10	21·50	0·80	1·10
Weisse Rüben	91·87	0·79	0·08	5·88	0·84	0·54
Teltower Rüben	82·23	3·47	0·17	10·91	1·82	1·40
Mohrrüben	91·22	0·79	0·26	5·09	0·86	0·78
Kohlrabi	85·76	1·30	0·22	10·81	1·36	0·55
Rettig	87·54	1·54	0·14	6·01	1·81	0·96
Spinat	87·14	4·12	0·79	4·23	0·99	2·73
Weisskohl	92·13	1·87	0·08	4·44	0·83	0·65
Winterkohl	79·38	5·11	1·04	10·78	1·95	1·74

In 100 Theilen

Bezeichnung der Nahrungsmittel	Wasser	Eiweiss-stoffe	Fette	Kohle-hydrate	Holz-faser	Asche
Rosenkohl	86·26	4·12	0·38	6·29	1·66	1·29
Blumenkohl	92·34	2·89	0·16	3·02	0·80	0·79
Spargel	92·94	1·91	0·17	3·74	0·72	0·52
Schnittbohnen	92·34	1·99	0·13	4·23	0·82	0·49
Gartenbohnen	82·56	6·08	0·39	8·03	2·12	0·52
Grüne Erbsen	82·52	5·54	0·56	9·29	1·41	0·68
Trüffeln (Tuber cibar.) .	76·78	8·13	0·66	12·36	—	2·07
Kastanien	53·71	4·46	0·87	39·44	—	1·51
Gurken [1])	97·14	0·13	—	2·62	—	—

Zur weiteren chemischen Charakteristik der Nahrungsmittel und zur Beurtheilung ihres Werthes, stellen wir die Aschenanalysen einiger pflanzlicher Nahrungsstoffe mit denen des Fleisches und der Milch zusammen. Als Repräsentanten des Fleisches wählen wir das Pferdefleisch.

Asche der Körner- und Hülsenfrüchte.

In 100 Theilen Asche	Pferdefleisch Weber	Kuhmilch Weber	Weizen Schmidt	Roggen Fresenius u. Will	Gerste Schmidt	Erbsen Will und Fresenius	Saubohnen Buchner	Linsen Levi	Trüffel O. Kohlrausch
Kali	39·40	23·46	27·04	32·69	20·91	39·51	34·06	34·76	54·21
Natron	4·86	6·96	0·45	4·45	—	3·98	13·26	13·50	1·61
Magnesia . . .	3·88	2·20	6·60	10·16	6·91	6·43	6·38	2·47	2·34
Kalk	1·80	17·34	1·97	2·91	1·67	5·91	4·93	6·34	4·95
Chlornatrium .	1·47	4·74	—	—	—	3·71	—	4·63 (Chlor)	—
Eisenoxyd . . .	1·00	0·47	1·35	0·82	2·10	1·05	0·68	2·00	0·51
Phosphorsäure .	46·74	28·04	62·59	47·35	38·48	34·50	40·69	36·30	32·96
Schwefelsäure .	0·30	0·05	—	1·45	—	4·91	—	—	1·17
Kieselerde . . .	—	0·06	—	0·17	29·10	—	—	—	1·14
Kohlensäure . .	—	2·50	—	—	—	—	—	—	—

[1]) Die drei letzten Analysen dieser Tabelle sind nach den Angaben von O. Kohlrausch und Moleschott angefügt.

Eine wesentlich andere Zusammensetzung zeigt die Asche der Kartoffeln und grünen Gemüse, sowie der Champignons (*Agaricus compestris*), wie nachfolgende Tabelle erläutert:

Asche der Gemüsepflanzen.

In 100 Theilen Asche	Kartoffel Way	Gelbe Rüben Way u. Ogston	Weisse Rüben Way u. Ogston	Weisskraut Stammer	Rosenkohl Schlienkamp	Agaricus comp. O. Kohlrausch	Spargeln Schlienkamp	Schnittsalat Griepenkerl	Gurken Richardson
Kali	46·96	37·55	48·56	48·32	17·05	50·71	22·85	22·37	47·42
Natron	—	12·63	—	—	—	1·69	2·27	18·50	—
Chlorkalium . . .	8·11	—	—	9·33	8·63	4·58 Chlor	—	—	4·19
Chlornatrium . .	2·44	4·91	5·44	—	—	(jointly with the row above)	7·97	15·09	9·06
Magnesia	13·58	3·78	2·26	3·74	15·09	0·53	6·34	5·68	4·26
Kalk	3·35	9·76	6·73	12·64	25·88	0·75	15·91	10·43	6·31
Eisenoxyd	—	0·74	0·66	—	2·86	1·16	5·11	2·82	1·09
Phosphorsäure . .	11·91	8·37	7·65	15·99	23·91	15·43	18·32	9·39	15·94
Schwefelsäure . .	6·50	6·34	12·86	8·30	—	54·29	7·32	3·85	4·60
Kieselerde	7·17	0·76	0·96	0·40	6·58	1·42	12·53	11·86	7·12
Kohlensäure . . .	—	15·15	14·82	—	—	—	—	—	—

Betrachtungen über den Nährwerth der Nahrungsmittel.

Gehen wir nun an die Verwerthung dieser Zahlen, so ergiebt sich vor Allem, dass nur die thierischen Nahrungsmittel, und von den pflanzlichen die Körnerfrüchte und Hülsenfrüchte auf den Namen ausreichender Nahrungsmittel Anspruch machen können; denn nur sie enthalten von den vier Gruppen der Nahrungsstoffe genügende Mengen, um in einer von den Verdauungsorganen zu bewältigenden Masse den Verlust des Organismus decken zu können. Die Zusammensetzung ihrer Asche endlich stimmt nahe mit jener der thierischen Nahrungsmittel überein. Dies gilt jedoch bis zu einem gewissen Grade auch von gewissen Pilzen, so namentlich der Trüffel und der Morchel, wie dies aus den Analysen von O. Kohlrausch hervorgeht, weniger jedoch von den Champignons, welche sich davon nicht nur durch einen geringeren Gehalt an Eiweisskörpern, sondern auch durch die Zusammensetzung ihrer Asche wesentlich unterscheiden, und in beiden Beziehungen sich mehr den Gemüsen nähern.

Die Gemüse und auch die Kartoffeln haben dagegen an und für sich für die Ernährung einen sehr untergeordneten Werth und können nur als Zusatz zu anderen Speisen in Betracht kommen. Ihr Gehalt an Albuminstoffen ist sehr gering, Fette enthalten sie ausserordentlich wenig und ihr Gehalt an Kohlehydraten ist geringer als jener der

Körner- und Hülsenfrüchte; dabei enthalten sie aber sehr viel Wasser, $^2/_3$, ja zuweilen sogar mehr wie $^5/_6$ ihres Gewichtes. Auch die Zusammensetzung der Asche weicht von jener der Hülsen- und Körnerfrüchte sehr wesentlich ab; sie sind nämlich durchschnittlich sehr arm an der, zur Entwickelung der Gewebe so nothwendigen Phosphorsäure. Einen ebenso untergeordneten Ernährungswerth und aus denselben Ursachen haben die Obstarten.

Gehen wir in der nachstehenden Betrachtung von der Voraussetzung aus, dass die von Moleschott aufgestellten Zahlen für das tägliche Kostmaass eines arbeitenden Mannes, innerhalb gewisser Grenzen einen annähernd richtigen Ausdruck darstellen, so ergiebt sich, dass die Nahrungsmittel bezüglich ihres Nährwerthes, d. h. bezüglich ihres Vermögens, den Verlust an Albuminstoffen, Fetten, Kohlehydraten und Salzen zu decken, sehr ungleichwerthig sind. Für die Albuminstoffe und stickstofffreien Nahrungsstoffe macht dies die nachstehende Tabelle anschaulich, welche sich zwar nicht auf die neuesten von König veröffentlichten Analysen der Nahrungsmittel, sondern auf ältere von Liebig u. A. gründet, die jedoch in dem Verhältnisse der stickstoffhaltigen zu den stickstofffreien Nahrungsstoffen damit im Wesentlichen übereinstimmen.

Aequivalenz der verschiedenen Nahrungsmittel mit Bezug auf das Kostmaass an Eiweisskörpern und stickstofffreien Nahrungsstoffen.

Nähräquivalente für den täglichen Bedarf eines arbeitenden Mannes

an Albuminstoffen Kostmaass 130 g		an stickstofffreien Nahrungsstoffen Kostmaass 448 g	
Käse	388 g	Reis	572 g
Linsen	491 „	Mais	625 „
Schminkbohnen	576 „	Weizenbrot	631 „
Erbsen	582 „	Linsen	806 „
Ackerbohnen	590 „	Erbsen	819 „
Ochsenfleisch	614 „	Ackerbohnen	823 „
Hühnereier	968 „	Schminkbohnen	876 „
Weizenbrot	1444 „	Hühnereier	902 „
Mais	1642 „	Roggenbrot	930 „
Reis	2562 „	Käse	2011 „
Roggenbrot	2875 „	Kartoffeln	2039 „
Kartoffeln	10000 „	Fleisch	2261 „

Diese Betrachtungen auch auf die Fette und Kohlehydrate, sowie auf die Salze auszudehnen, erscheint nicht räthlich, denn wir wissen nicht inwieferne Fette und Kohlehydrate in ihrer Function im Ernährungspro-

cesse sich wirklich vertreten können, und da wir hier nur die Ernährungsverhältnisse des Menschen im Auge haben, so wird jeder Vergleich der Nahrungsmittel in Bezug auf ihren Fettgehalt insoferne schon ohne Werth sein, weil wir unsere Speisen mit mannigfachem Fettzusatz geniessen, und weil der Fettgehalt eines sehr wichtigen Nahrungsmittels: des Fleisches, sehr variabel ist. Bei den Salzen macht eine Vergleichung der Umstand unthunlich, weil unter den in der Analyse aufgeführten Aschenbestandtheilen viele sehr unwesentliche enthalten sind und wir das Kostmaass, d. h. den für den täglichen Bedarf nothwendigen Betrag der wichtigen Salze, so namentlich der Phosphorsäure nicht kennen.

Doch sind die in obenstehender Tabelle gegebenen Zahlen sehr belehrend, auch dann, wenn wir die Moleschott'schen Kostmaasse als unsichere Werthe ansehen, denn die Zahlen haben auch in diesem Falle mindestens die Bedeutung, das Verhältniss auszudrücken, in welchem sich die einzelnen Nahrungsmittel für bestimmte Nährzwecke gewichtlich vertreten können. Diese Zahlen zeigen ferner abermals die Nothwendigkeit für den Menschen, seine Speisen dem Instinctgesetze gemäss zu combiniren, sowie dass, wenn man durch ein Nahrungsmittel dem Nahnungsbedürfnisse genügen will, man entweder in Gefahr kommt, die Verdauungsorgane über Gebühr zu belasten, oder von dem einen Nahrungsstoffe einen grossen Ueberschuss zuzuführen. Wollten wir z. B. durch Weizenbrot allein uns nähren, so müssten wir, um täglich 130 g Albuminstoffe zu erhalten, etwa 1500 g Brot verzehren, damit aber erhielten wir einen bedeutenden Ueberschuss von Kohlehydraten; denn um den täglichen Bedarf daran im Betrage von 488 g zu decken, würden von Weizenbrot 631 g, genügen. Wollten wir uns dagegen ausschliesslich von magerem Fleische (der Säugethiere) nähren, so müssten wir, um dem Bedarfe an stickstofffreien Nahrungsstoffen zu genügen, nicht weniger wie 2261 g, d. h. über 2 Kilo, täglich verzehren und erhielten damit einen bedeutenden Ueberschuss an Albuminstoffen. Am günstigsten stellen sich noch die Verhältnisse für die Hülsenfrüchte, obgleich wir auch mit ihnen, um dem Nahrungsbedürfnisse nach stickstofffreien Stoffen zu entsprechen, immer einen Ueberschuss an Albuminstoffen mit in den Kauf nehmen und den Magen erheblich belasten müssten. Am allerungünstigsten gestaltet sich aber alles bei der Kartoffel; um das Nahrungsbedürfniss nach Albuminstoffen zu decken, müsste man von diesen 10 Kilo täglich verzehren, eine Masse, die von den Verdauungsorganen nicht bewältigt werden könnte; ja selbst in ihrem Nährwerthe als Vehikel stickstofffreier Nahrungsstoffe werden sie, mit Ausnahme mageren Fleisches, von allen übrigen Nahrungsmitteln, auch pflanzlichen, übertroffen.

Es versteht sich übrigens von selbst, dass die Erhaltung des jeweiligen Körperzustandes durch sehr verschiedene Combinationen der Nahrungsstoffe denkbar ist, soferne sie sich nur innerhalb nicht zu weiter Grenzen bewegen; denn die Ausgaben sind quantitativ je nach indi-

viduellen Zuständen ebenfalls verschieden. Dies ist besonders um deswillen hervorzuheben, weil die Liebig'sche Theorie der Ernährung vielfach zu schematisch aufgefasst wird. So ist es sicher, dass die sogenannten Vegetarianer sich ihre Nahrung im richtigen Verhältnisse aus rein vegetabilischen Nahrungsstoffen zusammensetzen können, aber dass es ihnen nicht leicht wird, ergiebt sich daraus, dass Viele davon Milch, Käse und Eier ihrer Nahrung zusetzen. Es ist richtig, dass Fleischkost in richtiger Mischung mit Vegetabilien für gewisse Völker und Bevölkerungsklassen die geeignetste ist, namentlich wenn starke Arbeit geleistet wird; andererseits aber geniessen die durch ihre Muskelstärke und robuste Körperentwickelung bekannten Bewohner der deutschen und österreichischen Alpen des Jahres über nur äusserst selten Fleisch und leben von allerdings reichlichen Mengen fetter Mehlspeisen, wie auch in der norddeutschen Ebene das Fett in der Form von Speck in der Nahrung des Arbeiters und Landmannes eine sehr hervorragende Rolle spielt. Die Bedeutung des Fettes in der Nahrung muss man nach den Untersuchungen von Pettenkofer und C. Voit darin suchen, dass dasselbe den stärkeren Verbrauch von Eiweissstoffen verhindert, die letzteren demnach vor dem Zerfalle gewissermaassen schützt. Die Kohlehydrate andererseits sind nicht, wie man früher glaubte, Fettbildner in dem Sinne, dass sie sich in Fett umsetzen, sondern sie schützen das Körperfett vor dem zu starken Verbrauche, da sie leichter wie dieses oxydirt werden.

Allgemein ausgedrückt, kann man mit C. Voit sagen: dasjenige Gemisch aus Nahrungsstoffen und Nahrungsmitteln, welches den Körper mit der geringsten Menge der einzelnen Nahrungsstoffe auf seinem Bestande erhält und dabei demselben so wenig als möglich innere Arbeit zumuthet, ist für einen bestimmten Fall die richtige Nahrung [1]).

Aufgabe der Kochkunst.

Der Mensch geniesst den grössten Theil seiner Nahrung erst, nachdem dieselbe in der Küche mancherlei Umwandlungen, mehr oder weniger complicirter Natur erfahren hat. Im Allgemeinen besteht die Aufgabe der Kochkunst darin, die natürlichen Speisen noch weiter zu mischen, ihnen mancherlei Gewürze zuzusetzen, sie von unverdaulichen Beimengungen zu befreien, und sie endlich durch Mitwirkung der Wärme gewissermaassen aufzuschliessen, d. h. ihre Auflöslichkeit in den Verdauungssäften zu erhöhen. Doch wird in einzelnen Fällen durch die culinarische Zubereitung die Löslichkeit der Nahrungsmittel beeinträchtigt (Hartkochen der Eier etc.). Uebrigens ist eine Chemie der Kochkunst nicht nur erst noch zu schreiben, sondern erst noch zu schaffen.

Ueber Nahrungsmittel und ihre diätetischen Beziehungen weitere Belehrung Suchende verweisen wir auf das sehr vollständige Werk Mole-

---

[1]) Sehr lesenswerthe Erläuterungen über die passendsten Nahrungsverhältnisse für verschiedene Bevölkerungsklassen enthält der Vortrag von C. Voit über die Kost in den öffentlichen Anstalten; später als selbstständige Broschüre erschienen (vgl. die Literaturübersicht).

schott's: Physiologie der Nahrungsmittel, 2te Aufl. Giessen 1859, sowie auf Edward Smith, die Nahrungsmittel. Leipzig, Brockhaus 1874.

Verdauung und Assimilation.

Die Assimilation der Nahrungsmittel, d. h. ihr Uebergang in Blut, setzt eine chemische und physikalische Umwandlung derselben voraus, die durch die Verdauungsorgane vermittelt wird. Diese Umwandlung: die Verdauung, beginnt schon in der Mundhöhle, setzt sich im Magen, dem Dünn- und Dickdarm fort und erreicht ihr Ende mit der Aufsaugung der gelösten und umgewandelten Nahrungsmittel durch die Lymphgefässe, die Blutgefässe und die Blut- und Chylusgefässe zugleich. Wir haben es zunächst nur mit der chemischen Seite des Verdauungsprocesses zu thun und müssen bezüglich der mechanischen Arbeit der Verdauungsorgane und der physikalischen Gesetze der Diffusion von Flüssigkeiten durch thierische Membranen, d. h. bezüglich der Resorption, auf die Lehrbücher der Physiologie verweisen.

Die Veränderungen, welche die Nahrungsstoffe unter der Einwirkung bestimmter Verdauungssäfte: des Speichels, Magensaftes, der Galle, des Bauchspeichels, Darmsaftes u. s. w., erleiden, haben wir im Allgemeinen bereits bei diesen Verdauungssäften besprochen, wir haben daher hier zunächst nur die Umwandlung der Speisen durch die Verdauungssäfte im Ganzen aufzufassen und dieselben auf ihrem Wege durch den Verdauungsschlauch zu verfolgen.

Wirkung des Speichels auf die Speisen.

Wirkung des Speichels auf die Speisen. In der Mundhöhle gelangen die Speisen mit dem gemischten Speichel in mehr oder weniger innige Berührung, in Folge deren diese wasserreiche Flüssigkeit nothwendigerweise eine lösende Einwirkung auf die in Wasser leicht löslichen Bestandtheile der Speisen ausüben muss. Beeinträchtigt wird aber diese Wirkung jedenfalls durch die kurze Dauer der Berührung in der Mundhöhle, so dass dieselbe keinesfalls von grossem Belange sein wird. Ob der Speichel chemische Umwandlungen der Eiweisskörper zu bewirken vermag, woran das von Hüfner und J. Munk nachgewiesene peptonbildende Ferment der Speicheldrüsen und des Speichels denken liesse, muss bei der kurzen Dauer der Wechselwirkung von Speichel und der Nahrung dahingestellt bleiben. Da aber der Speichel gekochte Stärke bei der Temperatur des Körpers ziemlich rasch theilweise in Zucker umsetzt, unsere Speisen aber, insoferne sie überhaupt Stärke enthalten, diese durch die vorgängige Zubereitung (Kochen, Backen etc.) bereits in einem gewissermaassen aufgeschlossenen Zustande enthalten, so kann von vornherein nicht bezweifelt werden, dass während des Kauens amylumhaltiger Nahrungsmittel ein Theil ihres Stärkemehls bereits in Zucker umgesetzt wird. Das ist denn in der That auch durch C. G. Lehmann und Schröder bestätigt worden.

Einwirkung des Magensaftes auf die Speisen.

Einwirkung des Magensaftes auf die Speisen. Die in den Magen gelangenden Speisen kommen hier in Berührung mit dem Magensafte, aber gleichzeitig führen sie auch lufthaltigen Speichel in den Magen. Die Veränderungen, welche daher die Speisen dort erleiden, kommen keineswegs ausschliesslich auf Rechnung des Magensaftes.

Die Erfahrungen, welche man über die Veränderungen gemischter Speisen im Magen gewonnen hat, sind kurzgefasst folgende: Fleisch zerfällt nach Auflösung des Bindegewebes in die einzelnen Primitivbündel, diese zerbröckeln sich dann in kurze Stückchen, welche dem Abstande zweier benachbarter Querstreifen entsprechen; diese Stückchen lösen sich hierauf allmählich auf, aber, wie es scheint, niemals ganz vollständig (Nucleïne). Dabei werden die Albuminstoffe jedenfalls zum Theil in sogenannte Peptone verwandelt; die aus dem Muskelfleische hervorgehende Lösung zeigt nämlich zuweilen noch die Eigenschaft durch Hitze zu gerinnen, zuweilen aber tritt gar keine Gerinnung mehr beim Kochen derselben ein. Kalbfleisch löst sich im Magen rascher als Ochsenfleisch (Schröder), gekochtes oder gebratenes rascher als rohes (Frerichs), älteres rascher als frisch geschlachtetes, mageres leichter als fettes. Die löslichen Salze des Fleisches, sowie auch die Erdsalze desselben, werden durch Vermittelung der freien Salzsäure des Magensaftes aufgelöst und aus ihrer Verbindung mit den Albuminstoffen in Freiheit gesetzt, wie sich daraus ergiebt, dass dieselben durch Neutralisation der Lösung des Fleisches gefällt werden. Alle leimgebenden Gewebe unterliegen der Verdauung und Ausnutzung. Am meisten die Sehnen, dann die Knorpeln, zuletzt endlich die Knochen. Dabei bilden sich die Leimpeptone, welche die Gelatinirungsfähigkeit des Leimes nicht mehr besitzen (Etzinger). Nach Tatarinoff reagiren die durch Verdauung des Glutins gebildeten Leimpeptone sauer, zersetzen Carbonate und vereinigen sich mit alkalischen Erden zu alkalisch reagirenden Verbindungen. Milch gerinnt alsbald im Magen, die Molken verlassen sehr bald die Magenhöhle, und es bleibt ein aus Caseïn und Fett bestehender Klumpen zurück, der allmählich von der, den Magenwänden zugekehrten Fläche gegen sein Centrum hin verändert wird. Die löslichen und die unlöslichen Albuminstoffe scheinen gleich gut verdaulich zu sein. Das Caseïn und die Kalksalze der Milch lösen sich allmählich auf, während das Fett zu grösseren Tropfen zusammenfliesst, ohne eine weitere chemische Umwandlung zu erfahren. Von diätetischer Wichtigkeit für die Kinderernährung sind die Untersuchungen Biedert's, aus welchen sich ergiebt, dass Kuhmilch mit Magensaft weit derbere Coagula bildet, wie Frauenmilch, sowie dass sich die Coagula aus Frauenmilch auch viel leichter auflösen, wie jene aus Kuhmilch. Frauencaseïn löst sich in künstlicher Verdauungsflüssigkeit vollständig, während von Kuhcaseïn $^1/_4$ ungelöst bleibt. Das Protoplasma der Zellen aller essbaren Drüsen, sowie die Zellen des Bindegewebes, und das Protoplasma der Pflanzenzellen der Gemüse, wenn die aus Cellulose be-

stehenden Zellmembranen der letzteren, durch Kochen oder mechanische Zerkleinerung zum Platzen gebracht sind, lösen sich ebenfalls leicht auf. Aus Brot werden die Albuminstoffe allmählich aufgelöst, während die Stärke desselben, wenigstens zum Theil unter Mitwirkung des Speichels, im Magen in Dextrin und Zucker umgesetzt wird; wenn das Brot nicht ausgebacken ist und noch rohe durch das Backen nicht veränderte Stärkekörner enthält, so werden diese vom Magen nicht angegriffen.

Hülsenfrüchte und Kartoffeln erfahren eine ähnliche Umwandlung; bei ersteren aber wird dieselbe durch die holzige Zellmembran, welche das Amylum und die Albuminstoffe umschliesst, sehr verzögert; letztere scheint überhaupt durch die Verdauungssäfte gar nicht verändert zu werden und geht jedenfalls zum grössten Theile unverdaut mit dem Kothe ab. Auch die das Amylum der Kartoffeln umschliessende Zellhaut findet sich häufig, trotzdem dass ihr Inhalt verschwunden ist, noch unverletzt. Aus den Versuchen, die Weiske an sich und einer anderen Versuchsperson anstellte, geht jedoch hervor, dass die junge Cellulose der Gemüse: wie Sellerie, Mohrrüben, Kohl unter Zurücklassung kohlenstoffreicherer Rohfaserbestandtheile verdaut werden kann.

Chymus.

Durch diese Umwandlungen werden die gemischten Speisen im Magen in den sogenannten Chymus oder Speisebrei verwandelt, der natürlich, je nach der Natur der Speisen von ausserordentlich verschiedener Beschaffenheit sein wird. Unter Voraussetzung einer gemischten Nahrung im Sinne des Culturmenschen wird er einen bald mehr, bald weniger consistenten Brei darstellen. Derjenige Theil dieses Breies, welcher nicht aus dem Magen schon in die Lymph- und Blutgefässe übertritt, verlässt denselben durch den Pylorus. Der gelöste Theil desselben wird bestehen aus Magensaft, zum Theil in Peptone verwandelten Albuminstoffen, aus löslichen Umwandlungsproducten der leimgebenden Gewebe, aus gelösten anorganischen Salzen, worunter namentlich auch Erdsalze, aus Zucker, Dextrin, Gummi u. s. w.; der ungelöste Theil dagegen aus Cellulose, Epithelialschuppen, elastischen Fasern, Kieselerde, ungelösten Kalksalzen und aus löslichen aber noch nicht gelösten Speiseresten, Fleisch-, Albumin- und Bindegewebsstückchen, Caseïn-Coagulis, Fett, Amylum und anorganischen Salzen.

Einwirkung der Verdauungssäfte des Darmcanals auf die Speisen.

Einwirkung der Verdauungssäfte des Darmcanals auf die Speisen. Der durch den Pylorus in das Darmrohr tretende saure Chymus trifft in diesem mit mehreren alkalisch reagirenden Secreten, welche sich in dasselbe ergiessen, zusammen, die auf den noch ungelösten, aber löslichen Theil desselben, d. h. auf die noch unverdauten Speisen, mehr oder weniger energisch verdauende Einwirkungen äussern. Die noch ungelösten Albuminstoffe werden namentlich im Duodenum und Dünndarm, unter der Mitwirkung des Bauchspeichels und wahrscheinlich auch des Darmsaftes noch weiter peptonisirt, zum Theil in Leucin und Tyrosin und andere Producte gespalten; das Stärkemehl der Amylaceen,

welches im Magen nur zum geringeren Theile, und zwar nur durch den herabgeschluckten Speichel in Zucker verwandelt wurde, trifft im Darme mit dem kräftig zuckerbildenden Bauchspeichel zusammen und geht unter der Einwirkung dieses Secrets in Traubenzucker über; ein Theil dieses letzteren aber, gleichgültig, ob derselbe im Verdauungsschlauche erst entstand, oder ob er als solcher in den Nahrungsmitteln bereits enthalten war, wird im Darme in Invertzucker, dann aber in Milchsäure und wahrscheinlich auch in Buttersäure verwandelt; letztere Säure wurde namentlich im Inhalte des Blinddarmes nachgewiesen. Die Umsetzung des Stärkemehls in Zucker erfolgt auch im Darme nur allmählich: die Stärkekörner werden von der Oberfläche her erweicht; einzelne Schichten derselben lösen sich ab und werden in Dextrin und Zucker verwandelt; je weiter das Stärkemehl vom Leerdarm ins Ileum tritt, desto kleiner werden die Körnchen. Rohrzucker scheint zum grossen Theil in Traubenzucker verwandelt zu werden; wodurch diese Umsetzung bewirkt wird, ist unbekannt, constatirt aber, dass weder Speichel noch Magensaft, noch endlich Darmsaft die Umsetzung bewirken. Milchzucker wird im Jejunum und Ileum ebenfalls zum Theil in Milchsäure verwandelt. Das Fett wird unter Mitwirkung der Galle und des Bauchspeichels allmählich in immer feinere und feinere Tröpfchen verwandelt, während ein Theil desselben durch den Bauchspeichel in Glycerin und freie Fettsäuren zerlegt wird. Die Galle ihrerseits bewirkt ausser der Emulsionirung eine partielle Verseifung dieser, durch den Bauchspeichel in Freiheit gesetzten fetten Säuren, und durch alle diese Vorgänge wird die Resorption der Fette eingeleitet.

Endlich lässt sich nicht bezweifeln, dass die Darmsäfte auch noch auf einige anorganische Salze des Chymus lösend einwirken werden; wenngleich diese Wirkung, wegen der alkalischen Reaction der unteren Parthie des Darmcanals, sich nur auf in Wasser und Alkalien lösliche Salze wird äussern können.

Im Allgemeinen bestehen aber die Veränderungen des Chymus im Darmrohre darin, dass fort und fort noch Bestandtheile desselben gelöst oder zur Resorption geschickt gemacht werden. So ist namentlich durch die unter C. Voit's Leitung ausgeführten Versuche von Hauber und Bauer constatirt, dass auch Pflanzenschleim und Gummi vom Darme aus noch in die Säftemasse gelangen können; da nun aber die Resorption alsbald nach der nöthigen Vorarbeit der Verdauung erfolgt, so ist es klar, dass in dem Maasse, in dem sich der Chymus vom Pylorus entfernt und in den Darmcanal herabsteigt, die vollkommen unlöslichen Bestandtheile desselben: Holzfaser, elastische Gewebe, Horngewebe, Kieselerde und Erdsalze, harzartige Bestandtheile der Galle: Choloidinsäure und Dyslisin u. a. m. über die löslichen allmählich das Uebergewicht gewinnen müssen. Je mehr aber dies der Fall ist und in dem Maasse, als sich im Dickdarme jene Producte erzeugen, die den üblen Geruch der Fäces besitzen und wirkliche Fäulnissproducte, wie Schwefel-

wasserstoff und Ammoniak auftreten, wird der unlösliche und unverdaute Rest des Chymus zu Koth, wenngleich auch im Dickdarme noch Verdauungserscheinungen unter Vermittelung des Darmsaftes erfolgen können.

Bilanz der Einnahmen und Ausgaben der thierischen Oekonomie.

Chemische Statik der Ernährung.

Als das Endziel aller physiologischen Forschung im Gebiete der Ernährung müssen wir unter allen Umständen ansehen: die Bedingungen festzustellen, unter welchen der Mensch oder ein bestimmtes Thier am zweckmässigsten, d. h. mit dem möglichst geringen Aufwande und mit den geeignetsten Mitteln ernährt, oder auf einen bestimmten und im gegebenen Falle gewünschten Ernährungszustand gebracht wird. Dieses Ziel ist aber noch nicht erreicht, und es wird erst dann erreicht werden können, wenn eine Reihe von Vorfragen zur definitiven Erledigung gekommen sein wird. Die wichtigsten und nächstliegenden dieser Fragen sind folgende:

Zu erledigende Fragen.

1) Wieviel betragen die Ausgaben des Körpers unter verschiedenen Lebensbedingungen und in einer gegebenen Zeit, wie vertheilen sie sich auf Haut und Lunge, Darm und Nieren, und wovon ist ihr Betrag im Allgemeinen und ihr Wechsel in der Vertheilung abhängig; unter welchen Bedingungen findet eine allgemeine oder einseitige Steigerung oder eine allgemeine oder einseitige Verminderung derselben statt? Die betreffenden Werthe sind natürlich für jede Thierspecies und für den Menschen besonders zu ermitteln und auf einen allgemeinen Ausdruck zurückzuführen.

2) Wieviel müssen die Einnahmen betragen, um die Ausgaben völlig zu decken und das Körpergewicht unverändert zu erhalten, sonach den Gleichgewichtszustand zu erhalten; unter welchen Bedingungen wird der letztere gestört, wie gestalten sich die Ausgaben bei unzulänglicher oder gänzlich fehlender Einnahme, wann nimmt das Körpergewicht ab und auf Kosten welcher Körperbestandtheile erfolgt unter bestimmten Voraussetzungen diese Abnahme?

3) Unter welchen Bedingungen erfolgt Ansatz, d. h. eine Gewichtsvermehrung bestimmter Organe und Körperbestandtheile, und wodurch wird bei allgemeiner Zunahme des Körpergewichts dieselbe hervorgerufen; wodurch kann man einen einseitigen Ansatz des Fettes, des Fleisches, der Knochen u. s. w. bewirken?

So wie die Sache gegenwärtig liegt, ist durch eine ganze Reihe mühevoller, ausdauernder und gewissenhafter Untersuchungen, unter welchen die von Bidder und Schmidt (1852), von Bischoff und Voit (1860), von Pettenkofer u. C. Voit (1862 begonnen und noch fort-

gesetzt) und endlich von Henneberg und Stohmann (1864 begonnen) die umfassendsten sind, ein bedeutsamer Anfang zur Beantwortung aller dieser Fragen gemacht.

Die bisherigen Untersuchungen sind Vorarbeiten zur Erledigung dieser Fragen und meist an Thieren angestellt.

Wenn man sich die enormen Schwierigkeiten, welche sich der Lösung der Aufgabe entgegenstellen, nur einigermaassen vergegenwärtigt, so kann dies nicht befremden. Es handelt sich hier vor Allem um Zahlen, die alles oder nichts beweisen, letzteres in allen den Fällen, wo sie entweder nicht als allgemein gültiger, wenn auch nur annähernder Ausdruck der Wahrheit angesehen werden können, oder wo sie selbst für einen bestimmten gegebenen Fall unzuverlässig erscheinen.

In der Physiologie wird es immer als eine Sache von grösster Wichtigkeit angesehen werden müssen, das stoffliche Leben, wie es sich im menschlichen Organismus gestaltet, entweder direct zu erforschen, oder die an Thieren angestellten Versuche so einzurichten, dass die erlangten Ergebnisse auf den Menschen übertragen werden können; denn es ist doch die hervorragendste praktische Bedeutung der Physiologie, dem wissenschaftlichen Arzte in seiner ihm gestellten Aufgabe als Leuchte zu dienen.

Die quantitativen Verhältnisse des Stoffwechsels aber am Menschen direct zu studiren, ist eine Aufgabe, die mit den bislang zu Gebote stehenden Hülfsmitteln nicht mit Aussicht auf einigen Erfolg zu unternehmen war; es beziehen sich daher gerade diejenigen Untersuchungen, die an und für sich die werthvollsten und umsichtigsten sind, auf Thiere, deren Ernährungsverhältnisse von jenen des Menschen mehr oder weniger abweichen, und daher nur innerhalb gewisser Grenzen Rückschlüsse auf den menschlichen Organismus zulassen. Aber selbst bei Thieren ist es keine einfache Aufgabe, die quantitativen Verhältnisse des Stoffwechsels und ihre Abhängigkeit von gewissen Einflüssen zu bestimmen, da das Versuchsergebniss immer die Resultirende einer grossen Zahl von Einwirkungen ist.

Es bedarf nach dem Gesagten wohl keiner weiteren Auseinandersetzung, dass die im Gebiete der Stoffwechselstatik noch zu lösenden Aufgaben, auf viele Jahre hinaus die vereinten Kräfte der Physiologen in Anspruch nehmen müssen, und dass hier ein Feld von grösster Ausdehnung zur Bebauung vorliegt.

Alle vor Pettenkofer u. Voit angestellten Untersuchungen über das Verhältniss der Ausgaben des Thierorganismus zu seinen Einnahmen konnten schon aus dem Grunde nur mit Vorsicht benutzt werden, weil den Versuchsmethoden, sowie der Berechnung der erhaltenen Resultate sehr wesentliche Mängel anklebten. Entweder nöthigten die Methoden das Versuchsobject unter ungewöhnlichen und beengenden Umständen zu athmen und zu perspiriren, oder sie beschränkten sich auf die directe Bestimmung der aufgenommenen Nahrung und der Ausgaben durch Nieren und Darm, während der in der Respiration aufgenommene Sauerstoff unberücksichtigt blieb, und die Ausgaben durch Lunge und Haut nur

Differenzwerthe waren, in denen sich natürlich alle directen Beobachtungsfehler geltend machen mussten, ganz abgesehen davon, dass sie natürlich keinen Aufschluss darüber geben konnten, wie sich die Ausgaben auf Haut und Lunge vertheilten, und wieviel davon Kohlensäure und wieviel Wasser gewesen war.

Erst durch die Construction des ebenso sinnreichen als grossartigen Pettenkofer'schen Respirationsapparates, der alle gasförmigen Einnahmen und Ausgaben des, während des Versuchs unter völlig normalen Verhältnissen sich befindenden Versuchsorganismus, mit einer durch exacte Controlversuche gewährleisteten Schärfe zu bestimmen gestattet, sind die Bedingungen für Ernährungsversuche günstiger geworden.

Obgleich wir in diesem Werke die Beschreibungen der experimentellen Methoden, die uns vielfach in das Gebiet der reinen Physiologie führen müssten, schon des Raumes wegen, der durch die chemischen Thatsachen bereits sehr ausgiebig in Anspruch genommen ist, grundsätzlich vermieden haben, so müssen wir doch bezüglich des Pettenkofer'schen Respirationsapparates eine Ausnahme machen, da er bereits zu zahlreichen Versuchsreihen an Menschen und Thieren benutzt ist.

Pettenkofer'scher Respirationsapparat.

Der Pettenkofer'sche Respirationsapparat, wie er im Münchener physiologischen Institut aufgestellt und in Thätigkeit ist, besteht aus einem würfelförmigen eisernen Kasten (Taf. I. *a*) von 8′ Seitenlänge mit eiserner Thür, Oberlicht und Seitenfenster, also aus einem kleinen Zimmer, in welchem ein Tisch, Bett und Stuhl Platz finden können, und noch einiger Raum zum Auf- und Abgehen übrig bleibt. Dieses Zimmer ist in einem grösseren Zimmer aufgestellt. Die Thür hat zwei, durch Rosetten verschliessbare Oeffnungen, durch welche der äusseren Luft Zutritt verschafft werden kann. Der Luftwechsel wird durch ein Pumpwerk: zwei Saugcylinder mit Klappenventilen und regulirbarer Hubhöhe vermittelt (Taf. II. *a*), welches die Luft aus dem Apparate entfernt, während die äussere durch die Rosetten und Fugen desselben in selbem Maasse nachströmt. Da ein Mensch in dem Apparate 24 Stunden lang zubringen, nach den neueren Erfahrungen aber der stündliche Luftwechsel für die Person nicht unter 60 ccm betragen soll, so ist der Luftwechsel im Apparate so geregelt, dass er stündlich 15 bis 75 ccm Luft betragen kann. Auch bei der stärksten Ventilation ist darin keine Zugluft wahrnehmbar und eine Kerzenflamme brennt ganz ruhig, andererseits ist aber der Luftstrom stark genug, um keine Kohlensäure durch Diffusion nach aussen entweichen zu lassen. In der, der Thür gegenüberliegenden Wand des eisernen Kastens befinden sich zwei Oeffnungen, eine oben, die andere unten: die Mündungen zweier weiter Röhren (Taf. I. *a* u. *b*), die sich ausserhalb desselben bald zu einer vereinigen (Taf. I. *c*), und durch welche die Luft aus dem Apparate gesogen wird. Dieselbe wird, nachdem ein genau messbarer Theil derselben, durch eine sich abzweigende Röhre (Taf. I. *d*) den Absorptionsapparaten für Wasser und Kohlensäure und gewissen zur Bestimmung des Wasserstoffs und des Grubengases dienenden Vorrichtungen (Taf. *E*) zugeführt ist, — nachdem sie mit Wasserdampf gesättigt ist, durch eine Clegg'sche Gasuhr (Taf. I. *C*) geleitet, welche ihr Volumen genau angiebt und gelangt von da, durch ein

sich öffnendes Klappenventil in die Saugcylinder, welche beim Niedergehen dieselbe durch vier, in den Deckeln angebrachte Kautschukventile (Taf. II. *a*) entweichen lassen. Der Betrag der Ventilation im Apparate wird durch die Hubhöhe und Hubzahl der Saugcylinder bedingt und letztere werden durch einen Regulirungsapparat vermittelt (Taf. II. *B*), der im Wesentlichen ein kräftiges Uhrwerk ist. Das Uhrwerk und mithin die ganze Vorrichtung wird durch eine kleine, sich selbst regulirende Dampfmaschine (Taf. II. *C*) in Bewegung gesetzt. Um einer wesentlichen Bedingung der Richtigkeit der Gasmessungen mit der Gasuhr: den Wasserstand in der Gasuhr gleich zu erhalten, zu genügen, tritt die Luft, nachdem das Versuchsrohr abgezweigt ist, in einen grossen mit feuchten Bimmssteinstücken gefüllten Befeuchtungsapparat (Taf. I. *B*) in welchem sie sich mit Wasser vollkommen sättigt, so dass aus der Gasuhr keines mehr abdunsten kann und gelangt erst dann in die Gasuhr. Das Volumen der aus dem Apparate austretenden Luft ist, wenn darin ein Mensch oder ein Thier athmete, etwas geringer als jenes der einströmenden, wie es denn auch längst bekannt ist, dass das Volumen der exspirirten Luft etwas kleiner ist als jenes der inspirirten. Der Grund ist in beiden Fällen derselbe, weil nämlich der Sauerstoff nicht lediglich zur Bildung von Kohlensäure, welche ein ihr gleiches Volumen Sauerstoff enthält, sondern auch zur Bildung von Wasser und anderen Sauerstoffverbindungen im Körper verwendet wird; doch ist diese Verminderung so unbedeutend, dass sie auch bei einer Ventilation von nur 10 ccm per Stunde vernachlässigt werden kann. Die aus dem Kasten in das Hauptrohr tretende Luft wird vor dem Befeuchtungsapparate und der grossen Gasuhr durch eine Abzweigung (Taf. I. *d*) zunächst in einen vorher genau gewogenen, mit Schwefelsäure halb gefüllten zweckmässig geformten Kugelapparat (Taf. I. *e*) und von da in eine U-Röhre geleitet, welche mit Schwefelsäure getränkten Bimsstein enthält und durch diese beiden Apparate ihr Wassergehalt bestimmt. Von hier aus wird die Luft in eine kleine Quecksilber-, Saug- und Druckpumpe (Taf. I. *f*) gesaugt, deren Bewegung durch eine Verbindungsstange von dem grossen Haupt-Saugapparat aus geregelt wird und von da durch die Wirkung der Pumpe in eine U-Röhre gedrückt (Taf. I. *g*), in welcher sich mit Wasser befeuchteter Bimsstein befindet; von hier aus geht sie in kleinen, leicht zu regulirenden Blasen durch zwei, mit titrirtem Barytwasser gefüllte, geneigt liegende Glasröhren (Taf. I. *h*), welche zur vollständigen Absorption der Kohlensäure hinreichen. Die Luft durch die Kohlensäureabsorptionsröhren durch eine eigene Vorrichtung zu drücken und nicht zu saugen, schien deshalb geboten, weil die Erfahrung lehrte, dass bei Anwendung der Suction, in Folge der dann nach innen gerichteten Diffusionsströmung der äusseren Luft, es sehr leicht geschieht, dass durch die geringsten Undichtheiten der Verbindungsstellen etwas Kohlensäure aus der äusseren Luft in die Absorptionsröhren gelangt und die Kohlensäurebestimmung ungenau macht. Aus den Kohlensäureabsorptionsröhren gelangt die nun kohlensäurefreie und mit Wasserdampf gesättigte Luft, in eine kleine Gasuhr (Taf. I. *D*), wo sie gemessen wird und dann entweicht.

Zur Bestimmung des Wasser- und Kohlensäuregehaltes der äusseren, dem Kasten zugeführten Luft, saugt eine der vorerwähnten vollkommen gleiche und neben ihr stehende Saug- und Druckpumpe Luft aus einer möglichst engen Glasröhrenleitung (Taf. I. *i*), welche über den Respirationskasten weg nach der Aussenseite seiner Thür geht, wo sie sich nach zwei Seiten derselben abzweigt. Die Wasser-, Kohlensäure- und Volumenbestimmung dieser Luft geschieht genau in der oben beschriebenen Weise, mittelst Schwefelsäureapparaten, Kohlensäureabsorptionsröhren, Befeuchtungsvorrichtung und einer kleinen Gasuhr.

Von den zwei kleinen Saug- und Druckpumpen saugt die eine bei jedem Hube einen Bruchtheil der Luft, wie sie in den Apparat einströmt, die andere in gleicher Weise aus dem Untersuchungsrohr einen Bruchtheil der Luft, wie sie aus dem Respirationsraume fortgeht. Beide Pumpen gehen in jeder Minute 10 mal und man stellt die Hubhöhe so, dass jeder Hub zwischen 8 und 9 ccm Luft befördert. Man erhält also in jeder Minute 10 Proben der ein- und 10 Proben der abströmenden Luft.

Die Bestimmung der Kohlensäure geschieht durch Zurücktitriren des in den Kohlensäureabsorptionsröhren befindlichen Barytwassers mit einer titrirten Oxalsäurelösung und gestattet eine Genauigkeit bis auf 0·1 mg.

Die zur Absorption dienenden Apparate, sowie die Quecksilberdruckpumpen sind auf Taf. III besonders in grösserem Maassstabe abgebildet. Die einzelnen Theile sind wie folgt bezeichnet:

a u. *a'* Schwefelsäure-Kugelapparate; *b* u. *b'* Quecksilberdruckpumpen; *c* Verbindungsstange mit dem grossen Saugapparat; *d* u. *d'* U-Röhren mit feuchtem Bimsstein; *e* u. *e'*, *f* u. *f'* Barytwasserabsorptionsröhren; *g* u. *g'* Leitungsröhren zu den kleinen Gasuhren. Die Verbindung der einzelnen Theile ergiebt sich ohne Weiteres aus der Zeichnung; die Zeiger mit den Kreisbogen dienen dazu, den Absorptionsapparaten die richtige Neigung und dem Gasstrome die erforderliche Regulation zu geben.

Zur Bestimmung des Wasserstoffs und des Grubengases der äusseren und der aus der Respirationskammer kommenden Luft zweigt man von den Leitungen, welche die Luft nach den Saug- und Druckpumpen führen, je ein Rohr ab, welches mit einer eben solchen Pumpe in Verbindung steht. Dieselbe wird vom gleichen Mechanismus wie die beiden übrigen bewegt und ist mit den gleichen Apparaten für Wasser- und Kohlensäurebestimmung in Verbindung. Die abgezweigte Luftprobe strömt, bevor sie mit der Schwefelsäure in Berührung kommt, durch eine kleine mit Platinschwamm gefüllte Verbrennungsröhre, die während des Versuchs durch Gasflammen glühend erhalten wird. Die so erhaltene Wasser- und Kohlensäuremenge, minus der aus einem gleichen Volumen der ungeglühten Luft erhaltenen, wird auf Wasserstoff und Grubengas berechnet. In der in den Apparat einströmenden Luft ist weder Wasserstoff, noch ausser Kohlensäure eine andere Kohlenstoffverbindung enthalten. 232 336 und 228 516 Liter Luft lieferten durch Glühen 6·8 und 9·2 g Wasser, was 0·75 und 1·02 H entspricht und wohl auf die Verbrennung organischen Staubes etc. zurückzuführen ist.

Bei der Berechnung der Luftvolumina wird natürlich auf die Temperatur, die Dampftension u. s. w. geeignete Rücksicht genommen und eingeschaltete Manometervorrichtungen gestatten in jedem Augenblicke die etwaigen Druckschwankungen zu erkennen. Sie sind bei regelmässigem Gange der Maschine sehr unbedeutend und rechtfertigen den Schluss, dass der Luftdruck in der Respirationskammer dem äusseren gleich ist.

Von grösster Bedeutung für die Anwendbarkeit des Apparates sind die über die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit desselben angestellten Controlversuche. Es wurden zu diesem Behufe von Pettenkofer in der Respirationskammer in fünf Versuchen Stearinkerzen verbrannt, deren Kohlenstoff und Wasserstoff durch die Elementaranalyse bestimmt war. Sie brannten bis zu 10 Stunden und lieferten zusammen 2000·0 g Kohlensäure, während die Berechnung 2005·5 g verlangte; der grösste Fehler lieferte noch nicht 1 Proc. und die durchschnittliche Genauigkeit ergab sich zu 0·3 Proc. Für die Controle der Wasserbestimmung wurde Weingeist von bekannter Zusammenetzung verbrannt und zum Theil auch zugleich Wasser verdunstet. Diese

Controlversuche ergaben wegen der hygroskopischen Eigenschaften der Wände etc der Kammer ein Deficit, welches aber mit der Dauer des Versuchs immer kleiner wurde. Bei achtstündiger Dauer des Versuchs fehlten von 540 g entwickeltem Wasser 6·4 Proc., bei 12stündiger Dauer von 756·1 g 3·6 Proc., bei 24stündiger Dauer von 1423 g 1·5 Proc. Die einzige indirecte Bestimmung ist jene des aufgenommenen Sauerstoffs, während alle übrigen direct gefundene Werthe sind. Die Sauerstoffeinnahme wird nämlich aus der Menge des gelieferten Wassers und der Kohlensäure berechnet. Bei den Controlversuchen mit den Stearinkerzen wogen in einem Versuche die gefundene Kohlensäure und das gefundene Wasser um 281·4 g mehr, als das verbrannte Stearin, was als aufgenommener Sauerstoff in Rechnung kommt. Nach der Elementaranalyse bedurfte die verbrannte Stearinmenge 276 g Sauerstoff zur Verbrennung.

Ueber gewisse Fehlerquellen bei dem Gebrauche dieses Apparates, und wie dieselben am Sichersten zu eliminiren sind, verweisen wir auf W. Henneberg: Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. III, S. 408. Stohmann: Landwirthschaftliche Versuchsst. XIX, S. 81 und C. u. E. Voit u. J. Forster: Zeitschr. f. Biol. XI, S. 126.

Einen neuen einfacheren Apparat zur Untersuchung der gasförmigen Ausscheidungen des Thierkörpers beschrieb endlich C. Voit: Zeitschr. f. Biol. XI, S. 532.

Man sieht leicht, dass der Pettenkofer'sche Apparat zur Lösung der die verschiedensten Ernährungsverhältnisse betreffenden Fragen benutzt werden kann. Er gestattet eine genaue Bestimmung der gasförmigen Ausscheidungen durch Haut und Lungen bei Menschen und Thieren, der Vertheilung der Ausgaben auf Nieren und Darm einerseits und auf Haut und Lunge andererseits, und endlich direct vergleichende Untersuchungen über das Verhältniss der Einnahmen des Versuchsorganismus zu den Ausgaben desselben. Alle bei derartigen Untersuchungen in die Rechnung einzustellenden Werthe, mit Ausnahme des aus der Luft aufgenommenen Sauerstoffs, können direct bestimmt werden und der Versuchsorganismus befindet sich während der ganzen Dauer des Versuchs in völlig normalem Zustande.

Die bei Ernährungsversuchen mittelst dieses Apparates in die Rechnung einzustellenden, theils vor dem Versuche, theils durch ihn selbst zu bestimmenden Werthe sind folgende:

1) Gewicht des Versuchsthieres oder Versuchsmenschen;
2) Gewicht der Nahrung;
3) Gewicht des aus der Luft aufgenommenen Sauerstoffs;
4) Gewicht des Harns und des Kothes;
5) Gewicht der in der Perspiration ausgeschiedenen Kohlensäure und des Wassers;
6) Gewicht des in der Perspiration ausgeschiedenen Grubengases und Wasserstoffs;
7) Bestimmung des Harnstoffs im Harne;
8) Gewicht des Harnrückstandes und der mit dem Harne ausgeschiedenen Salze;

9) Gewicht des Kothrückstandes und der mit dem Kothe ausgeschiedenen Salze;

10) Bestimmung des Wassergehaltes und der Trockensubstanz der Nahrung;

11) Bestimmung der Elementarzusammensetzung der Nahrungsbestandtheile (Fleisch, Brot, Fette etc.), so wie des Harnrückstandes und Kothes.

Dabei werden, um nicht für jeden Versuch die nöthigen Elementaranalysen ausführen zu müssen, für die Elementarzusammensetzung der Nahrung und des Kothes Standardzahlen benutzt, welche aus genauen Analysen abgeleitete Mittelwerthe sind.

Für Versuche mit dem Respirationsapparate benutzte Standardzahlen.

Die bei den zahlreichen von Pettenkofer u. Voit und ihren Schülern ausgeführten Ernährungsversuchen benutzten Zahlen sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

	Wasser	Feste Stoffe	Kohlenstoff		Wasserstoff		Sauerstoff		Stickstoff		Salze	
			trocken	feucht	trocken	feucht	trocken	feucht	trocken	feucht	trocken	feucht
Eiweiss, trocken .	—	—	54·96	—	7·15	—	21·73	—	15·80	—	0·36 (S)	—
Fleisch	75·90	24·10	51·95	12·52	7·18	1·73	21·37	5·15	14·11	3·40	5·39	1·30
Brot, schwarzes am 2ten Tage (ohne Rinde)	46·35	53·65	45·41	24·36	6·45	3·46	41·63	22·33	2·39	1·28	4·12	2·21
Fett (Schmalz) . .	—	—	79·00	—	11·00	—	10·00	—	—	—	—	—
Kartoffelstärke (lufttrocken) . .	15·79	84·21	44·20	37·22	6·70	5·69	49·10	41·35	—	—	—	—
Harnstoff	—	—	20·00	—	6·66	—	26·67	—	46·67	—	—	—
Harnsäure	—	—	35·72	—	2·38	—	28·57	—	33·33	—	—	—
Koth des Menschen bei reiner Fleischkost (salzfrei) .	—	—	54·70	—	—	—	—	—	12·20	—	11·9	—
dito bei gemischter Kost	—	—	47·00	—	—	—	—	—	6·12	—	12	—
Stärke-Fettkoth .	—	—	54·80	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Der durchschnittliche Wassergehalt des Menschenkothes ist 70 Proc. für geballten Koth; fester Koth giebt nur 63 Proc., breiiger 83 Proc. Wasser (J. Ranke). Der Wassergehalt des Hundekothes unterliegt grösseren Schwankungen und ist daher jedesmal zu bestimmen.

Bei den Ernährungsversuchen wird vorausgesetzt, dass sämmtlicher Stickstoff der Nahrung im Harne und Kothe wieder erscheine, wenn sich der Versuchsorganismus mit der Nahrung ins Gleichgewicht gesetzt hat (C. Voit, J. Ranke, J. Lehmann, Henneberg, Stohmann, Siewert).

Als Beispiel der Methode und Berechnung geben wir in Nachstehendem das Resultat eines von Pettenkofer u. Voit ausgeführten Versuchs über die Bilanz der Einnahmen und Ausgaben des Hundes bei Fleischnahrung. Die auf Grund dieser Untersuchung aufgestellte Gleichung für den Stoffwechsel in 24 Stunden ist als die erste derartige von besonderem Interesse.

Beispiel einer Stoffwechselgleichung.

Der Ernährungsmodus des 33 k schweren, kräftigen und munteren Hundes bestand in Fütterung mit 1500 g Fleisch täglich. Bevor die regelmässigen Fütterungsversuche begannen, wurden bei Fütterung mit 1385 g gemischtem Hundefutter (Küchenabfälle aus Fleisch, Brot, Kartoffeln, Knochen, Suppen etc.) die Perspirations- und anderen Ausgaben des Thieres, sowie die Einnahmen an Sauerstoff bestimmt. Darauf wurde das Thier, 25 Tage lang täglich mit 1500 g, nach Voit's Methode von Fett, Sehnen und Bindegeweben befreiten Fleisches gefüttert. Von diesen 25 Tagen brachte es 5 Tage im Respirationsapparate zu, und zwar den 1., 5., 9., 13. und 18. Tag. Die folgende Tabelle enthält die Resultate dieser Versuche und am Schlusse das Mittel der Versuche 4, 5 und 6, welches der alsbald zu entwickelnden Stoffwechselgleichung zu Grunde gelegt ist. Alle Gewichtsangaben sind in Grammen zu verstehen.

Datum	Nahrung	Körpergewicht		Ausgaben in Grammen						Aus der Luft aufgenommener Sauerstoff	Auf 100 O aus der Luft in CO_2 enthalten
		vor dem Versuch	nach dem Versuch	Harn	Koth	Kohlensäure	Wasser	Grubengas	Wasserstoff		
11. Febr. 1863	1385 g Hundefutter	34330	33963	978	87·9	554·4	558·9	2·1	—	429·3	93·9
16. " "	1500 g Fleisch	33890	33713	881	90·4	595·6	621·2	2·6	—	513·8	84·7
20. " "	1500 " "	33370	33413	1020	—	554·8	397·0	2·0	—	516·8	78·0
23. " "	1500 " "	33590	33557	1099	—	545·5	369·5	0·8	3·4	485·2	81·7
27. " "	1500 " "	33140	33171	1061	—	539·4	343·4	2·6	0·7	478·1	82·2
4. März "	1500 " "	33250	33272	1064	—	529·8	351·4	1·3	—	468·5	82·2
Mittel der drei letzten Versuche	1500 " "	—	—	1075	40·7	538·2	354·8	1·6	1·4	477·2	82·0

Erst nach dem dritten Versuche zeigte sich das Thier völlig im Gleichgewichte zwischen der Aufnahme von Stickstoff im verfütterten Fleische und der Abgabe von Stickstoff in Harn und Koth, und blieb sich nun in dieser Beziehung gleich bis zum Schlusse der Versuchsreihe. Die Versuche 4, 5 und 6 sind deshalb den folgenden Betrachtungen zu Grunde gelegt.

Vergleichen wir nun die Einnahmen mit den Ausgaben, so wie sie im Ganzen bestimmt sind, so haben wir für 24 Stunden:

An Einnahmen:		An Ausgaben:	
Fleisch	1500 g	Harn	1075·0 g
Sauerstoff aus der Luft	477·2 „	Koth	40·7 „
Summa	1977·2 g	Kohlensäure . . .	538·2 „
		Wasser	354·8 „
		Grubengas	1·6 „
		Wasserstoff. . . .	1·4 „
		Summa	2011·7 g

Zerlegen wir aber Einnahmen und Ausgaben in ihre Elemente, so erhalten wir aus den, von Pettenkofer und Voit ausgeführten Analysen folgende Werthe:

A. Für die Einnahmen:

1500 g Fleisch enthalten . . . . 187·8 g Kohlenstoff
„ „ „ „ . . . . 152·45 „ Wasserstoff
und zwar 25·95 g in der Trockensubstanz
und . . 126·50 „ im Wasser des Fleisches
1500 g Fleisch enthalten ferner . . . . 51·0 g Stickstoff
„ „ „ „ „ . . . . 1089·25 „ Sauerstoff
und zwar 77·25 g in der Trockensubstanz des Fleisches
und . . 1012·0 „ im Wasser des Fleisches.
Dazu aus der Luft aufgenommen . . . . 477·2 g Sauerstoff
Daher Gesammteinnahme für Sauerstoff . . . . . . 1566·45 „ „

B. Für die Ausgaben:

1075 g Harn mit 107·9 g Harnstoff, 152·2 g Trockenrückstand, 16·3 g Salzen; nach Abzug des Harnstoffs und der Salze vom Gesammtrückstande bleiben für sonstige Harnbestandtheile 28 g, welche den angestellten Analysen zufolge 9·6 g Kohlenstoff, 2·5 g Wasserstoff und 15·9 g Sauerstoff enthalten.

40·7 g feuchter Koth entsprechen nach der Analyse 11·2 g trockenem, mit 4·9 g Kohlenstoff, 0·7 g Wasserstoff, 0·7 g Stickstoff, 1·5 g Sauerstoff und 3·4 g Salzen.

Wir haben daher für die Ausgaben

Kohlenstoff:	21·6 g	im Harnstoffe
	9·6 „	in sonstigen Harnbestandtheilen
	4·9 „	im Kothe
	146·7 „	in der Kohlensäure der Perspiration
	1·2 „	im Grubengase der Perspiration
Summa	184·0 g	

Wasserstoff:	7·2	g im Harnstoff
	2·5	„ in sonstigen Harnbestandtheilen
	102·5	„ im Wasser des Harns
	0·7	„ „ trockenen Kothe
	3·2	„ „ Wasser des Kothes
	39·4	„ „ Wasser der Perspiration
	0·4	„ „ Grubengase der Perspiration
	1·4	„ „ Wasserstoff der Perspiration
	Summa 157·3	g

Stickstoff:	50·4	g im Harne
	0·7	„ „ Kothe
	Summa 51·1	g

Sauerstoff:	28·8	g im Harnstoff
	15·9	„ in sonstigen Harnbestandtheilen
	820·3	„ im Wasser des Harns
	1·5	„ „ trockenen Kothe
	26·3	„ „ Wasser des Kothes
	391·5	„ in der Kohlensäure der Perspiration
	315·4	„ im Wasser der Perspiration
	Summa 1599·7	g

Salze:	16·3	g im Harne
	3·4	„ „ Kothe
	Summa 19·7	g

Stellt man nun Einnahmen und Ausgaben gegenüber, so ergiebt sich folgende Bilanz:

	Einnahme	Ausgabe
Kohlenstoff	187·8	184·0
Wasserstoff	152·5	157·3
Stickstoff	51·0	51·1
Sauerstoff	1566·4	1599·7
Salze	19·5	19·7
Summa	1977·2	2011·8
	Differenz:	34·6 g

Das Plus in der Ausgabe beträgt also nicht einmal ganz 35 g, also nicht ganz 1 Proc. des Gesammtgewichtes der Einnahmen und Ausgaben. Dieses Plus ist überdies, wie Pettenkofer und Voit zu glauben geneigt sind, auf Kosten einer geringen Wasserabgabe zu setzen, was dadurch wahrscheinlich wird, weil die Zunahme von Wasserstoff und Sauerstoff für beide Elemente nahezu in dem nämlichen Verhältnisse erfolgt ist, in welchem sie Wasser bilden (der gefundene Ueberschuss von Sauerstoff verlangt 38·4 g Wasserstoff, während 33·4 g Wasserstoff mehr in den

Ausgaben gefunden wurden) und weil, wenn von dem thatsächlichen Körpergewichte die mittlere tägliche Kothmenge abgezogen wird, sich für das Thier allerdings eine Gewichtsabnahme von etwa 34 g ergiebt. Das geringe Minus von 3·8 g Kohlenstoff sind dagegen Pettenkofer u. Voit geneigt auf eine geringe Fettbildung aus Fleisch zu beziehen.

Nach dieser Methode sind von Pettenkofer u. Voit und ihren Schülern, sowie von J. Ranke Ernährungsversuche in grosser Anzahl ausgeführt.

Controversen über den Stickstoffgehalt des Fleisches u. über das sog. Stickstoffdeficit.

Die verwundbarste Seite dieser Methode liegt unstreitig darin, dass den Berechnungen obige Standardzahlen für die Zusammensetzung der Nahrungsbestandtheile zu Grunde gelegt werden, was natürlich für wohlcharakterisirte chemische Verbindungen und bezüglich der Ausgaben namentlich für Harnstoff und Harnsäure völlig zulässig erscheint, bezüglich des Fleisches und Kothes aber viel Bedenkliches hat, da gerade der Stickstoffgehalt des Fleisches einer der wichtigsten Factoren der Berechnung ist. Voit nimmt als Standardzahl für den Stickstoffgehalt des Fleisches 3·4 Proc. an; nun haben aber in neuerer Zeit von verschiedenen Beobachtern angestellte Bestimmungen des Stickstoffgehaltes frischen Fleisches verschiedener Thiere, und des Fleisches eines und desselben Thieres von verschiedenen Muskelparthieen so sehr abweichende Zahlen gegeben, dass es kaum angeht den Stickstoffgehalt des angesetzten Fleisches dem des verfütterten gleich zu setzen. So fand Nowak für Pferdefleisch 3·5 bis 3·9, für Hundefleisch 3·52 bis 4·31 Proc., Leube für Rindfleisch 3·33 bis 4·11 Proc., Siewert für Pferdefleisch und Rindfleisch sogar noch grössere Differenzen, nämlich bei ersterem zwischen 2·14 bis 5·17, bei letzterem zwischen 3·17 bis 5·17 Proc. Als Mittelzahlen für das Fleisch verschiedener Thiere berechnet Schenk nachstehende: Rindfleisch 3·52, Pferdefleisch 3·17, Kaninchenfleisch 3·35, Hundefleisch 3·22, Menschenfleisch 3·85 Proc., also Differenzen bis zu 0·68 Proc., während er beim Rindfleisch solche bis zu 0·55 Proc., also über $^1/_2$ Proc. beobachtete. Ob durch Verbrennung mit Natronkalk überhaupt der Stickstoffgehalt des Fleisches durchschnittlich geringer gefunden wird, als nach der Dumas'schen Methode, wie Nowak und Seegen behaupten, ist alledem gegenüber nicht von Bedeutung; um so weniger, als wir nun durch die Untersuchung von Makris wissen, wie man die Fehler bei der Will-Varrentrapp'schen Methode vermeiden kann, sicher aber ist es, dass je nachdem man nach der einen oder der anderen Mittelzahl rechnet, man in den Ausgaben bald ein Plus und bald ein Minus des Stickstoffs erhält. So erhielt Seegen mit Zugrundelegung der von Voit für Fleisch gegebenen Standardzahl in einer mit einem Hunde angestellten Versuchsreihe eine über 3 Proc. betragende Mehrausgabe für Stickstoff, obgleich das Gewicht des Thieres nahezu constant blieb, während in einer anderen von Toldt angestellten Versuchsreihe, wenn obige Zahl benutzt wurde, sich ein Stickstoffdeficit herausstellte. Wurde nach den Zahlen,

welche Toldt für den Stickstoffgehalt des verfütterten Fleisches erhalten hatte (3·74, 4·02, 3·93), für die betreffenden Versuchstage die Stickstoffeinfuhr berechnet, so erschien in den Ausgaben ein bedeutendes bis über 15 Proc. betragendes Stickstoffdeficit, während mit Zugrundelegung der niedrigeren Zahlen nicht nur kein Deficit, sondern ein Plus von Stickstoff in den Ausgaben sich herausstellte (Seegen).

Endlich steht und fällt die Beweiskraft der nach dieser Methode angestellten Ernährungsversuche mit der Nichtexistenz oder der Existenz des vielberufenen „Stickstoffdeficits", d. h. mit der definitiven Erledigung des alten Streites, ob bei gleichbleibendem Körpergewichte sämmtlicher in der Nahrung aufgenommene Stickstoff in Harn und Koth wieder erscheine, oder ob nicht unter ganz bestimmten Verhältnissen ein Theil des Stickstoffs gasförmig, oder mit der Transpiration (vielleicht als Harnstoff) ausgeschieden werde. Die Nichtexistenz des Stickstoffdeficits ist zwar feierlich proclamirt, und es dürfte kaum mehr irgend Jemand daran zweifeln, dass sich Stickstoffeinnahme und Stickstoffausgabe im gedachten Sinne ins Gleichgewicht setzen können, ja sich in der Regel ins Gleichgewicht setzen. Allein, dass dies unter allen Umständen der Fall ist, scheint uns noch keineswegs streng bewiesen zu sein; neue Versuchsreihen könnten nach unserer Meinung allein entscheiden, ob Seegen's Resultate, welcher die Existenz des Stickstoffdeficits behauptet, als auf Versuchsfehlern beruhend zu verwerfen sind, ob auch das von Stohmann für sehr eiweissreiche Kost noch festgehaltene Deficit ebenfalls wesenlos sei, und wie es sich mit dem von Leube erhaltenen Resultate verhält, der an Schwitztagen seiner Versuchsreihen den im Harne fehlenden Stickstoff zum grössten Theile im Harnstoff des Schweisses wiederfand.

Verhältniss der Ausgaben und Einnahmen bei verschiedenem Enährungsmodus.

Ausgaben und Einnahmen bei verschiedenem Ernährungsmodus.

Durch den gesammten Organismus von Zelle zu Zelle circulirt ein Säftestrom, welcher das aus dem Umsatze der Gewebe, sowie das aus der zugeführten Nahrung stammende zum Wiederaufbau der Gewebe bestimmte Material enthält; auf seinem Wege in der Zelle trifft er auf den Sauerstoff und findet mithin die Bedingungen seiner fortwährenden Erneuerung. Decken die Einnahmen die Ausgaben, so findet Gleichgewichtszustand statt; überwiegen die letzteren, so zehrt der Organismus von sich selbst; es findet Gewichtsverlust statt; überwiegen aber die ersteren, so kann entweder durch erhöhte Zufuhr von Sauerstoff und energischere Oxydation der Organismus sich des Ueberschusses entledigen, oder es findet Ansatz und Gewichtsvermehrung statt. Der Modus des Stoffwechsels wird mithin wechseln mit dem Modus der Ernährung. Bischoff und Voit, sowie Pettenkofer und Voit haben die umfassendsten Unter-

suchungen über die dabei zur Geltung kommenden Gesetze angestellt, ihnen haben wir daher in den nachstehenden Betrachtungen zu folgen, wobei wir aber einfach referirend zu Werke gehen, da wir nicht in der Lage sind, für alle Sätze einstehen zu können, und Klärung der Sachlage bei mancherlei hypothetischen Unterstellungen erst von der Zeit zu erwarten steht.

Voit's Unterscheidung von circulirendem und von Vorrathseiweiss.

Voit statuirt vor Allem einen Unterschied zwischen circulirendem Eiweiss (Blastem oder Plasma) und zwischen Vorrathseiweiss (Organeiweiss). Unter ersterem will er das dem Säftestrome sich beimischende aus der Nahrung stammende Material an Eiweisskörpern, unter letzterem das aus den geformten Geweben, den Zellen selbst stammende verstanden wissen. Beide können der Zersetzung unterliegen, und wenn sie einmal gemischt sind, bestehe keine Scheidung mehr zwischen ihnen; die geformten Gebilde verfallen aber den Stoffänderungen langsamer, als die flüssig beweglichen Massen, welche die Zellen durchströmen und bald Bestandtheile einer Drüsenzelle, bald eines Muskelrohres oder des Blutes und einer Nervenröhre sind. Die Zersetzungen des circulirenden Eiweisses erfolgen nach inneren, im Organismus selbst liegenden Bedingungen, und sie sind nach Pettenkofer und Voit abhängig von dem durch den Ernährungsmodus beeinflussten Betrage der Sauerstoffaufnahme. Die Sauerstoffaufnahme wird durch die genossenen Eiweisskörper bestimmt, sie steigt und fällt mit der Menge der letzteren. Durch aufgenommenes Fett wird die Sauerstoffaufnahme herabgedrückt, so dass, wenn zu einem bestimmten Gewichte Fleisch Fett genossen wird, die Sauerstoffaufnahme sinkt. Aehnlich wirken Zusätze von Zucker und Leim zu Fleisch. Wenn aber weniger Sauerstoff aufgenommen wird, so kann von den aufgenommenen Nahrungsstoffen ein Theil unverbrannt gespart werden, der nun, indem er aus dem circulirenden Stoffvorrath heraustritt, zu Organbestandtheilen werden kann. So kann Massenzunahme der Organe: Mästung eintreten. Der Sauerstoff aber wirkt in viel energischerer Weise auf die circulirende Säftemasse, wie auf die geformten Organtheile; je grösser daher der Vorrath an circulirendem Eiweiss ist, welcher natürlich von der Menge der aufgenommenen Nahrung abhängig ist, desto bedeutender ist die Gesammtzersetzungsgrösse. Letztere hängt daher, wenn reichliche Ernährung stattfindet, weniger von der Masse der festen Organe, als von dem Vorrathe an circulirendem Eiweiss ab. Im Hungerzustande, in welchem schliesslich der Vorrath an circulirendem Eiweiss auf ein Minimum herabgedrückt ist, sind es die Organe selbst, welche der Zersetzung anheimfallen. Diese sind dann Reservoirs, aus denen der Organismus Stoffe in seinen Zersetzungsvorrath hereinnehmen kann, so lange sie überhaupt noch solche abgeben können. Endlich erreicht aber auch hier die Zersetzungsgrösse eine untere Grenze; es bleibt dann die Menge der in gleicher Zeit abgeschiedenen Zersetzungsproducte constant, zum Beweise, dass eine kleine aber bestimmte Zersetzungsgrösse für die Erhaltung des Lebens unumgänglich ist.

Die Grösse des Stoffverbrauches ist demnach abhängig:

1) Von der Masse der Körperorgane oder dem Organeiweiss, da mehr Zellen im Allgemeinen auch mehr zersetzen.

2) Von der Masse des gleichzeitig vorhandenen circulirenden Eiweisses. Bei Ernährungsversuchen bestimmt vorzugsweise das letztere die Zersetzungsgrösse. Die Menge des circulirenden Eiweisses aber hängt von der Menge und der Qualität der Nahrung ab.

Aus diesen aus grossen Versuchsreihen abgeleiteten Sätzen folgt von selbst, dass in ganz verschiedenen Körperzuständen die Zersetzungsgrösse die gleiche sein kann, sowie dass der Werth der verschiedenen Nahrungsmittel für den Organismus ein sehr verschiedener sein muss, wie dies auch die gewöhnliche Erfahrung lehrt.

Aus der Voit'schen Theorie zu ziehende Folgerungen.

Durch die Voit'sche Theorie der Ernährung wurde ein neuer Begriff in die Physiologie eingeführt: der des circulirenden und des Organeiweisses. Nicht unbestritten [1]), hat er bei der gegenwärtigen Strömung entschieden an Boden gewonnen. Er schliesst einen völligen Gegensatz zu den älteren Anschauungen über den Stoffverbrauch in sich, nach welchen es vorzugsweise die Organe waren, die dazu das Material lieferten. Voit berechnet, dass von dem Organeiweiss täglich nur etwa 1 Proc. zerstört werde, während von dem circulirenden Eiweiss täglich etwa 70 Proc. verbraucht würden. Voit stützt sich bei dieser Annahme zunächst auf den minimalen Stoffverbrauch im Hunger, wo fast nur Organeiweiss zur Zersetzung disponibel bleibt, verglichen mit dem ausserordentlich gesteigerten Eiweissverbrauch bei reichlicher Fleischnahrung. Mit der Voit'schen Lehre wird aber andererseits ein älterer, fast allgemein verlassener Begriff wieder zur Geltung gebracht, nämlich jener der sogenannten Luxusconsumtion.

Luxusconsumtion.

Liebig und seine Anhänger nämlich leiteten die Zerfallsproducte ausschliesslich von den Geweben ab und bestritten die Möglichkeit, dass die Nahrungsmittel direct, ohne vorher in Gewebe übergegangen zu sein, Harnstoff u. s. w. liefern könnten, während von Anderen ein solcher directer Uebergang behauptet und als Luxusconsumtion bezeichnet wurde. Allerdings ist nach der Voit'schen Lehre eine derartige Umwandlung der Nahrung in Zerfallsstoffe kein Luxus, sondern der normale Vorgang. Weiterhin springt es in die Augen, dass die Bedeutung der Nahrungsmittel auf Grundlage der Voit'schen Theorie in einem anderen Lichte erscheint wie nach den älteren Voraussetzungen. Nach letzteren waren die Nahrungsmittel zunächst zur Deckung des Verlustes, welchen die Gewebe durch den Stoffwechsel erfahren, bestimmt, nach der neueren Lehre dagegen liegt ihre Hauptbedeutung darin, dass sie die Gewebe, d. h. das Organeiweiss vor einem zu raschen Verbrauche schützen. Der funda-

Modificirte Bedeutung der Nahrungsmittel nach der Voit'schen Theorie.

[1]) Vgl. Hoppe-Seyler: Arch. f. Physiol. VII, S. 993 und die Antwort von Voit: Zeitschr. f. Biol. X, S. 202.

mentale Unterschied beider Anschauungen bedarf keiner weiteren Erläuterung. Von Werth für die Begründung der Voit'schen Lehre sind die in ihren wesentlichen Resultaten übereinstimmenden Beobachtungen von Tschiriew und von J. Forster an Hunden, aus denen sich ergiebt, dass bei diesen Thieren Transfusion gleichartigen Blutes eine Steigerung der Harnstoffausscheidung nicht zur Folge hat, während Fütterung mit Blut, oder mit einer der injicirten Blutmasse äquivalenten Menge von Eiweiss die Harnstoffausscheidung im Verhältnisse der Eiweisszufuhr steigert. Diese Resultate lassen sich nur im Sinne der Voit'schen Lehre deuten. Da sich das Organeiweiss nach dieser nur in geringem Grade am Stoffwechsel betheiligt, und der grösste Theil des Harnstoffs nicht von diesem, sondern vom circulirenden Eiweiss stammt, so durfte die Einpflanzung eines lebenden Gewebes, wie es das Blut ist, die Harnstoffausscheidung nicht erheblich steigern, während Eiweisslösungen verfüttert, oder wohl auch injicirt (J. Forster), als circulirendes Eiweiss dem raschen Verfalle unterliegen mussten.

Stoffwechsel beim Hunger.

Stoffwechsel beim Hunger.

Der Stoffwechsel bei Entziehung von Nahrung ist in den ersten Stadien principiell nicht verschieden von jenem bei ausreichender Ernährung. Der hungernde Organismus bestreitet seinen Stoffwechsel aus seinem Vorrathe an circulirendem Eiweiss, an Fett u. s. w. Je fettreicher er ist, desto geringer wird sein Eiweissverbrauch sein, da dann ein Theil seiner Leistungen auf Kosten des Fettes bestritten wird. Ein Ersatz für den Gesammtorganismus findet natürlich nicht statt, wohl aber möglicher Weise für einzelne Theile desselben, indem durch Vermittelung des Blutes Organe, welche von gewissen Stoffgruppen einen Ueberschuss besitzen, dieselben an andere abgeben können, welche daran bereits Mangel leiden (L. Hermann).

Aus den von Chossat, Bidder u. Schmidt, Bischoff u. Voit und von C. A. Falck an Thieren angestellten Beobachtungen geht hervor, dass das Thier beim Hungern fortwährend an Gewicht verliert, indem es bis zu seinem Tode Harnstoff, Kohlensäure und Wasser ausscheidet, sonach von seinem eigenen Fleische und Fette zehrt; der Stoffverbrauch an Eiweisskörpern ist um so grösser, je reichlicher vor der Hungerperiode das Versuchsthier mit eiweissreichem Futter genährt war. Im Anfange wird mehr Eiweiss zersetzt, wie in den mittleren Tagen, zuletzt aber wieder mehr, da nun die Masse des Umgesetzten nahezu gleich bleibt, während das vorhandene Material fortwährend abnimmt. Die Gegenwart von Fett setzt auch beim Hunger die Eiweisszersetzung herab (Voit, Falck). Aus den Versuchen von Chossat und von Schuchardt an hungernden Tauben ergiebt sich ferner, dass der Verlust, alles Andere gleichgesetzt,

mit dem Körpergewichte steigt, auch ist er in den ersten Tagen beträchtlicher, als in den späteren. Dagegen fand C. A. Falck bei einem am Hunde angestellten Hungerversuche, dass die Abnahme des Körpergewichtes keine gleichmässige war. Sie stellte eine fallende Curve dar, deren einzelne Theile sich wesentlich unterschieden. Anfangs fiel sie steil ab, hielt sich dann längere Zeit auf demselben Niveau, um dann nochmals sehr langsam zu fallen. Die Körpergewichtsabnahme wird nach ihm zunächst von dem jeweiligen Körpergewicht wesentlich beeinflusst. Der Hund starb, als er 48 Procent am Gewicht verloren hatte.

An dem Substanzverlust betheiligen sich vorwiegend die Muskeln und das Fett; dann folgen die Haut, die Knochen, die Leber, das Blut und der Darmcanal. Das Blut nimmt proportional dem Körpergewicht (Panum, Heidenhain) und der Muskelmasse ab; die relative Menge seiner Hauptbestandtheile wird dabei nicht geändert. Der Substanzverlust des Gehirns und Rückenmarks ist nach den Beobachtungen von v. Bibra und Voit gering. Bei an sich selbst angestellten Hungerversuchen beobachtete J. Ranke Sinken des Körpergewichtes, Sinken um nahezu die Hälfte der Stickstoffausscheidung, geringeres aber der Kohlensäureausscheidung. Im Mittel wurden auf 1 Theil Stickstoff 20·3 Theile Kohlenstoff ausgeschieden; da nun bei genügender gemischter Nahrung das Verhältniss wie 1 : 11 bis 1 : 15 gefunden wurde, so folgt daraus, dass beim Hungern die Stickstoffausscheidung rascher fällt, als die Kohlenstoffausscheidung. Zugleich fand eine bedeutende Wasserabgabe statt, die bei reichlichem Trinken bedeutender war, als bei spärlicher Wasserzufuhr. Nach den Beobachtungen von Seegen an einem Mädchen, welches durch 24 Tage täglich nur 3 Esslöffel Kuhmilch als Nahrung aufnahm, betrug der Eiweissverbrauch des Körpers für den Tag nahezu 25 g, die Wasserausfuhr durch den Harn war ebenfalls vermehrt. Aus einer Berechnung ergab sich, dass der Organismus auf Kosten der Gewebe und Gewebsflüssigkeiten Wasser abgegeben haben musste, dass demnach die Gewebe wasserärmer geworden waren. Mit dieser Thatsache stehen die directen Beobachtungen von Bidder und Schmidt, welche die Organe verhungerter Katzen wasserärmer fanden, in Uebereinstimmung, Angaben von Voit dagegen über den Wassergehalt der Organe verhungerter Thiere im Widerspruche. Seegen berechnete ferner, dass der hungernde, auf Kosten seines Organismus lebende Organismus den fünften Theil jener Eiweissmenge verbrauche, welchen der normal ernährte Mensch umsetzt. Die Harnstoffausscheidung sah Seegen bis auf 6·1 g pr. d. sinken.

Stoffwechsel bei Fleischnahrung.

Stoffwechsel bei Fleischnahrung.

In einem Körper, der viel Eiweiss in der Nahrung erhalten hat, ist der Stoffverbrauch gesteigert. Auch die anderen Nahrungs- und Körper-

stoffe, z. B. das Fett, unterliegen dann einer gesteigerten Zersetzung, so dass bei reichlicher Fleischnahrung neben beschränkter Zufuhr von Fett und Kohlehydraten der Körper fettärmer wird (Banting Cur), während bei geringer Fleischmenge in der Nahrung und reichlichem Zusatze von Fett und Kohlehydraten eine allgemeine Verminderung der Zersetzungsgrösse und damit ein Ansatz von Fett (und Fleisch) erfolgen kann (Mästung). Einen menschlichen Organismus mit reiner Eiweisskost, z. B. mit fettfreiem Fleische vollständig zu ernähren, ist noch niemals gelungen. Der Ansatz von Fleisch ist bei Fleischkost keineswegs bedeutend, denn es ist die Eiweisszersetzung eine ungemein gesteigerte. Während ein gesunder Mann in 24 Stunden etwa 37 g Harnstoff ausscheidet, konnte J. Ranke die Harnstoffausscheidung durch Fleischgenuss bei voller Gesundheit bis auf 86 g steigern.

Stoffwechsel bei Fettnahrung.

Stoffwechsel bei Fettnahrung.

Fettnahrung setzt im Allgemeinen den Eiweissverbrauch herab. Gleichzeitig begünstigt Fett in der Nahrung den Ansatz von Eiweiss. Niemals aber kann der Eiweissverbrauch durch Fett gänzlich vermieden werden. Die Wirkung des Fettes, Eiweiss zu sparen, beruht nach Voit nicht etwa, wie man früher annahm, darauf, dass die Fette durch ihre grössere Oxydationsfähigkeit das Eiweiss vor dem Verbrauche schützen, sondern darauf, dass durch einen bestimmten Zusatz von Fett zu Eiweissnahrung das aus der Nahrung in das Blut gelangende Eiweiss zum guten Theile zu Organeiweiss wird. Will man einen reichlichen Fettansatz erzielen, so muss man den Körper vor zu grosser Ansammlung von circulirendem Eiweiss schützen, da in einem fetten Körper das in der Nahrung eintretende Eiweiss viel leichter zu Organeiweiss wird, als in einem mageren, wo es zu dem bereits vorhandenen Vorrathe von circulirendem Eiweiss sich gesellt und rasch zerstört wird (Pettenkofer und Voit).

Stoffwechsel bei an Kohlehydraten reicher Nahrung.

Stoffwechsel bei an Kohlehydraten reicher Nahrung.

Kohlehydrate (Stärke und Zucker) der Nahrung zugesetzt, üben eine ähnliche Wirkung aus, wie Fettzusatz, d. h. sie hindern die Zerstörung des aus dem Eiweiss abgespaltenen Fettes und sparen Eiweiss, namentlich ist ein Zuckerzusatz zur Nahrung dann sehr zweckmässig, wenn Körperfett gespart werden soll. Bei reichlichem Zusatz von Kohlehydraten tritt neben Fettansatz zugleich Ablagerung von Organeiweiss ein (Mästung). Nach Pettenkofer und Voit leisten 2 Theile Stärke oder Zucker im Körper des Fleischfressers so viel wie 1 Theil Fett.

Stoffwechsel bei Nahrung mit Leim und leimgebenden Geweben.

Stoffwechsel bei Nahrung mit Leim und leimgebenden Geweben.

Leim und leimgebende Gewebe spielen bei der Ernährung eine ähnliche Rolle wie Fette und Kohlehydrate. Der Leim zersetzt sich zu Harnstoff und erspart dadurch Eiweiss, aber er erspart auch Fette und Kohlehydrate. Seine Hauptwirkung besteht darin, dass er im Stande ist, sich statt des circulirenden Eiweisses zu zersetzen, dieses zu ersparen und auch den Verbrauch von Organeiweiss zu beschränken (Voit). Er vermag jedoch kein Organeiweiss zu bilden, und ist daher ohne Eiweisszusatz zur Ernährung untauglich. Leimgebende Gewebe wirken ebenso wie der Leim selbst, werden jedoch in grösseren Dosen vom Darme leichter vertragen. Bei Nahrung mit leimgebenden Geweben wird stets Eiweiss vom Körper abgegeben, da mehr Stickstoff in den Ausgaben erscheint als dem verfütterten Osseïn entspricht. Leimgebende Gewebe vermögen daher Eiweiss nicht voll zu ersetzen.

Vertheilung der Ausgaben auf die verschiedenen Ausscheidungsorgane.

Vertheilung der Ausgaben auf die verschiedenen Ausscheidungsorgane.

Die Vertheilung der Ausgaben auf Lungen, Haut, Nieren und Darm ist so grossen Schwankungen unterworfen, dass es nicht möglich ist, das gegenseitige Verhältniss derselben auch nur durch einen annähernden allgemeinen Ausdruck festzustellen. Zerlegt man die Ausgaben in Wasser, Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff und vergleicht, wie sich diese Elemente der Ausscheidungen auf die verschiedenen Excretionsorgane vertheilen, so kommt man bei der Betrachtung der Ausscheidung der Herbivoren und Carnivoren zu dem Resultate, dass bei den Herbivoren bei weitem mehr durch Haut und Lungen und durch den Darm ausgeschieden wird, als durch den Harn, während bei Carnivoren das Verhältniss das umgekehrte ist. Dies macht nachstehende aus Beobachtungen von Henneberg und Stohmann an einem Ochsen und von Pettenkofer u. Voit an einem Hunde, der ausschliesslich mit Fleisch gefüttert wurde, construirte Tabelle anschaulich:

Bei Herbivoren und Carnivoren.

Es kommen von 100 Thln. ausgeschiedenem	auf die Excremente		auf den Harn		auf die Perspiration	
	Herbivoren	Carnivoren	Herbivoren	Carnivoren	Herbivoren	Carnivoren
Wasser . . .	63·22	2·26	14·70	70·59	22·08	27·15
Kohlenstoff .	47·61	2·66	2·65	16·95	49·74	80·39
Wasserstoff .	43·77	5·74	2·42	79·51	53·82	14·75
Stickstoff . .	54·00	1·37	46·00	89·63	—	—
Sauerstoff . .	41·75	0·34	1·63	10·21	56·62	89·45

Aus dem bedeutenden Gewichte der Excremente und der damit austretenden Elemente geht hervor, dass von den Einnahmen ein verhältnissmässig viel geringerer Theil bei den Herbivoren wirklich assimilirt wird, als bei den Carnivoren. Reduciren wir aber obige Werthe auf 100 Theile assimilirter Stoffe, die durch Harn und Perspiration ausgeschieden werden, so erhalten wir folgende Zahlen:

Es kommen von 100 Theilen assimilirtem	auf den Harn		auf die Perspiration	
	Herbivoren	Carnivoren	Herbivoren	Carnivoren
Wasser	36·96	72·22	60·04	27·78
Kohlenstoff	5·05	17·41	94·95	82·59
Wasserstoff	4·31	79·51	95·69	15·65
Stickstoff	46·00	98·63	—	—
Sauerstoff	2·79	10·24	97·21	89·76

Bei melkenden Kühen.

Von Interesse sind die Beobachtungen, die Boussingault über die Vertheilung der Ausgaben bei einer melkenden Kuh angestellt hat, insoferne dadurch der Antheil, welchen an den Ausscheidungen die Milch nimmt, erläutert wird.

Es kommen von 100 Theilen ausgeschiedenem	auf die Excremente	auf die Milch	auf den Harn	auf die Perspiration
Wasser	34·0	10·2	10·0	45·8
Kohlenstoff	25·8	13·0	5·4	54·2
Wasserstoff	34·9	16·6	4·2	55·7
Stickstoff	45·6	22·8	18·1	13·5 ?
Sauerstoff	37·4	7·9	6·3	48·5
Anorganischen Salzen .	53·9	6·1	43·1	3·1
Gesammtnahrung . .	34·4	10·3	9·9	45·4

Es entfallen demnach 10 Proc. der Ausgaben auf die Milch. Beträchtlich erscheint ferner die Menge des Stickstoffs, welche in der Milch austritt.

Bezüglich der Ausscheidungsverhältnisse der Omnivoren liegen zahlreiche Bestimmungen von Pettenkofer und Voit am Menschen vor. Wir heben aus ihnen die in nachstehender Tabelle übersichtlich geordneten Zahlen hervor, die bei mittlerer Kost und Ruhe, und mittlerer Kost und Arbeit bei einem kräftigen Manne von 70 bis 71 k Körpergewicht gewonnen wurden.

Es kommen von 100 Thln. ausgeschiedenem	auf den Koth		auf den Harn		auf die Respiration	
	bei Ruhe	bei Arbeit	bei Ruhe	bei Arbeit	bei Ruhe	bei Arbeit
Wasser . . .	5·31	3·50	54·58	44·23	40·11	52·27
Kohlenstoff .	6·32	4·31	4·43	3·74	89·25	91·95
Wasserstoff .	49·35	44·11	50·65	55·89	—	—
Stickstoff . .	13·12	10·85	86·88	89·15	—	—
Sauerstoff . .	1·27	0·85	1·52	1·74	97·22	97·41
Salze	26·12	23·32	73·88	76·68	—	—

Am Ruhetage betrugen die 24stündigen Ausgaben:

Für Harn . . . . 1367·0 Gramm
„ Koth . . . . 166·3 „
„ Respiration . . . . . . 1887·7 „

Summe . . . . 3421·0 Gramm

während die Einnahmen 3314·7 g ausmachten. Die Ausgaben betrugen daher um 106·3 g mehr wie die Einnahmen.

Am Arbeitstage dagegen betrugen die 24stündigen Ausgaben:

Für Harn	1261·1	Gramm
„ Koth	126·0	„
„ Respiration	2545·5	„
Summe	3932·6	Gramm

während die Einnahmen 3883·6 g betrugen; das Plus der Ausgaben war demnach nur 49 g. Bei diesen Zahlen fällt für den Arbeitstag die viel beträchtlichere Respirationsausgabe auf.

Im Allgemeinen ergiebt sich daraus, dass die Vertheilung der Ausgaben beim Menschen jener der Carnivoren bedeutend näher steht, wie jener der Herbivoren; so ist namentlich auch die Ausgabe durch den Darm verhältnissmässig gering. Aehnliches fand Boussingault bei Versuchen am Schweine.

Mengenverhältnisse der aus dem Körper austretenden Stoffe.

Vergleichen wir nun im Allgemeinen die Mengen der aus dem Körper auf verschiedenen Wegen austretenden Stoffe, wobei wir uns zunächst an den menschlichen Organismus halten, so ergeben sich folgende Betrachtungen:

Wasser. Die Menge des aus dem Körper ausgeschiedenen Wassers beträgt mehr, als alle übrigen Excrete zusammengenommen; seine Vertheilung aber auf die verschiedenen Ausscheidungsorgane ist eine sehr variable. Die geringste Menge trifft unter normalen Verhältnissen beim Menschen auf den Darm, eine sehr bedeutende jedenfalls auf die Lunge, während die Wasserausscheidung durch Haut und Nieren in der Art eine wechselnde ist, dass, wenn viel durch die Haut ausgeschieden wird, wenig durch die Nieren austritt und umgekehrt. Nimmt der Wassergehalt des Organismus bedeutend zu, so geben Haut und Nieren gleichzeitig viel Wasser aus (Wassercuren), wenig dagegen, wenn der Körper relativ trocken wird. Diese Verhältnisse noch weiter ins Einzelne zu verfolgen, ist Sache der Physiologie und allgemeinen Pathologie. Bei den Versuchen von Pettenkofer u. Voit trafen bei mittlerer Kost von dem ausgeschiedenen Wasser 54 Proc. auf den Harn, 5 Proc. auf den Koth und 41 Proc. auf die Respiration. Hunger änderte dieses Verhältniss nicht wesentlich.

Kohlenstoff. Nächst dem Wasser ist der tägliche Verlust an Kohlenstoff der beträchtlichste. Bezüglich der allgemeinen Mengenverhältnisse des durch die Lungen austretenden Kohlenstoffs sind unter „Respiration“ mehrere für den Menschen gültige Zahlenreihen gegeben. Ein erwachsener Mensch von 70 k Körpergewicht schied bei Körperruhe und bei der gemischten Kost der gebildeten Stände in 24 Stunden etwa 210 g Kohlenstoff durch Haut und Lungen aus (J. Ranke). In den Versuchen von Pettenkofer u. Voit betrug der Kohlenstoff, welcher bei ausreichender Kost durch Haut und Lunge ausgeschieden wurde, im Mittel 253 g. Von dem gesammten Kohlenstoff der Ausgaben trafen

4 Proc. auf den Harn, 6 Proc. auf den Koth und 9 Proc. auf die Respiration. Die Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs verhielt sich zu jener des Kohlenstoffs wie 1 : zu 14, bei Hunger wie 1 : 18. Bei weitem der grösste Theil des Kohlenstoffs tritt als Kohlensäure durch Haut und Lungen aus, und nach den übereinstimmenden Beobachtungen von J. Ranke (am Menschen), C. Schmidt (an der Katze) und Henneberg u. Stohmann (am Ochsen) beträgt der durch die Nieren ausgeschiedene Kohlenstoff weniger als den zehnten Theil des durch die Perspiration ausgeschiedenen.

Wasserstoff. Es kann sich natürlich hier zunächst nur um jenen Wasserstoff handeln, der nicht bereits oxydirt, oder mit einer zu seiner Oxydation genügenden Menge Sauerstoff als Nahrung eingeführt wurde. Daraus ergiebt sich von selbst, dass seine Menge sehr gering sein wird. Da aber auch dieser in Wasser verwandelt wird, so lässt es sich natürlich nicht entscheiden, auf welchem Wege er ausgeschieden wird; er participirt dann eben an der allgemeinen Wasserausscheidung.

Stickstoff. Die dem Körper zugeführten und ihn wieder verlassenden Mengen Stickstoff sind ziemlich bedeutend, aber im Allgemeinen nicht unbedeutenden Schwankungen unterworfen. Seine Ausscheidungswege sind jedenfalls bei verschiedenen Thieren sehr verschieden. Bei Fleischfressern wird jedenfalls der grösste Theil des Stickstoffs durch die Nieren abgeschieden, wie dies auch aus obenstehender, die Ausscheidungen der Carnivoren und Herbivoren in ihre Elemente zerlegt aufführenden Tabelle zu ersehen ist; aber auch beim Menschen ist das Verhältniss ein ähnliches; es verhält sich nämlich nach den Versuchen von J. Ranke der Stickstoffgehalt des Harns zu jenem des Kothes, bei Gleichgewicht zwischen Nahrung und Ausgaben, wie 13·2 : 1. Bei den Herbivoren dagegen tritt auch durch den Darm eine nicht unbeträchtliche Menge Stickstoff aus, wie obenerwähnte Tabelle ebenfalls ersichtlich macht. Beim Menschen beträgt die 24stündige mittlere Stickstoffausscheidung für Harn und Koth bei ausreichender gemischter Nahrung 19·47 g (Pettenkofer u. Voit).

Sauerstoff. Von dem Sauerstoff, welcher eingeathmet wird und dessen Menge die aller anderen Elemente der Nahrung weit übertrifft, so wie von dem Sauerstoff der Nahrung selbst, treten bei weitem die bedeutendsten Mengen durch Haut und Lungen in der Form von Kohlensäure und Wasser aus; was davon mit den Bestandtheilen des Harns und mit den Gallenresten durch den Darm ausgeschieden wird, verschwindet gegen die durch die Perspiration gelieferte Menge. Die absoluten Mengen des durch Haut und Lunge austretenden Sauerstoffs sind übrigens von einer Menge von Verhältnissen (der Nahrung u. s. w.) abhängig, die bereits unter „Respiration“ erörtert wurden. Nach den Versuchen von Pettenkofer u. Voit beträgt der aufgenommene Sauerstoff bei Nahrungszufuhr im Mittel 832 g, beim Hunger 761 g, d. h. es wird

im Hungerzustande im Verhältniss zur Kohlensäureausscheidung mehr Sauerstoff aufgenommen. Beim Hunger verhält sich Kohlensäure und Sauerstoff wie 100 : 106, bei Nahrung wie 100 : 90. Dies erklärt sich leicht aus dem Gehalte der gemischten Nahrung an Kohlehydraten, während beim Hunger die Versuchsperson nur vom Fleisch und Fett ihres Körpers lebte, in welchem Falle die Erzeugung einer gleichen Menge Kohlensäure eine viel grössere Menge Sauerstoff erfordert, als wenn die Kohlensäure zum Theil aus Kohlehydraten stammt, die schon ursprünglich mehr Sauerstoff enthalten (Pettenkofer u. Voit).

Anorganische Salze. Sie verlassen den Körper durch Haut, Nieren und Darm. Durch den Schweiss wird eine geringe Menge Chlornatrium ausgeschieden; die übrigen löslichen Salze und der grösste Theil des Chlornatriums nehmen ihren Weg durch die Nieren; mit dem Kothe dagegen werden zunächst die unlöslichen Salze und die der unverdauten Nahrungsmittel ausgeschieden.

Die Ausscheidungen des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Stickstoffs und Sauerstoffs durch den Darm sind übrigens für den Process der Ernährung nur von sehr untergeordneter Bedeutung, denn sie beziehen sich zum grössten Theil auf Nichtassimilirtes, d. h. auf die unverdauten Nahrungsreste; nur die in den Excrementen enthaltenen Gallenreste und der Darmsaft machen hiervon eine Ausnahme. Die Gallenreste repräsentiren nur einen sehr geringen Theil der secernirten Galle, die zum grössten Theil in den Blutkreislauf zurückkehrt (intermediärer Gallenkreislauf, vergl. S. 191 und 529), und auch der Darmsaft und Schleim beträgt unter normalen Verhältnissen nur sehr wenig. Anders freilich verhält es sich bei pathologisch gesteigerter Darmsecretion.

Ueber alle diese Ausscheidungsverhältnisse des Thierkörpers sind übrigens im Verlaufe dieses Werkes, an den die einzelnen Bestandtheile der Ausscheidungen betreffenden Stellen, mehr oder weniger ausführliche Nachweise gegeben.

AUTORENREGISTER.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

I.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

Y.

Z.

ALPHABETISCHES SACHREGISTER.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

I.

J.

K.

L.

M.

N.

O.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

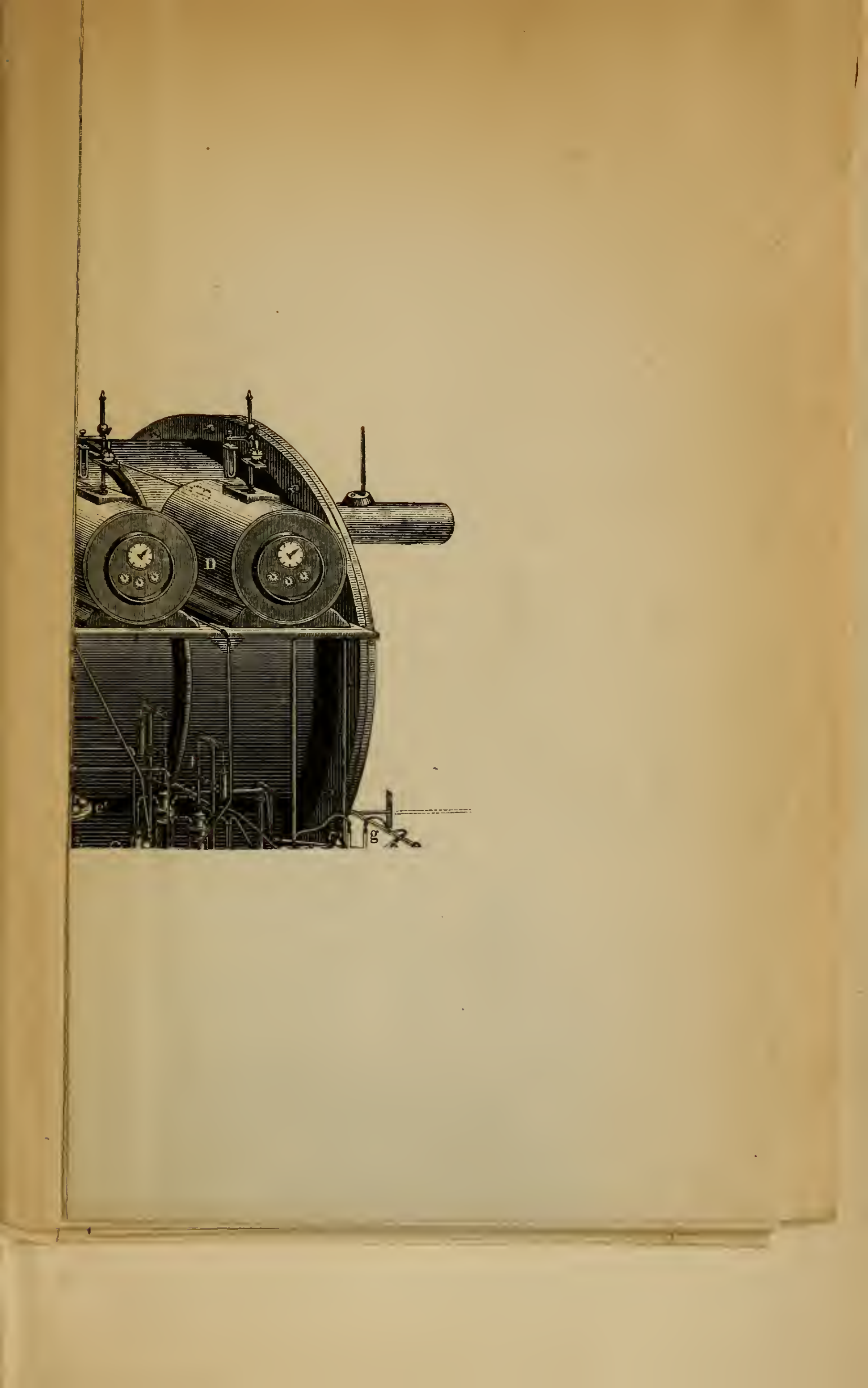
X.

Z.

Druckfehler.

Seite	64	Zeile	22	von	oben	lies:	Kohlensäure	statt: Kohlesäure.
„	314	„	5	„	„	„	Herapath	„ Herapeuth.
„	324	„	5	„	„	„	Rhodanalkali	„ Rodanalkali.
„	365	„	22	„	„	„	Anaemia	„ Annaemia.
„	494	„	17	„	unten	„	für den menschlichen Magensaft berechnen Marcet und ebenso Rabuteau 0·25 Proc., Szabó 0·3 Proc., Ch. Richet 0·17 Proc. Salzsäure.	

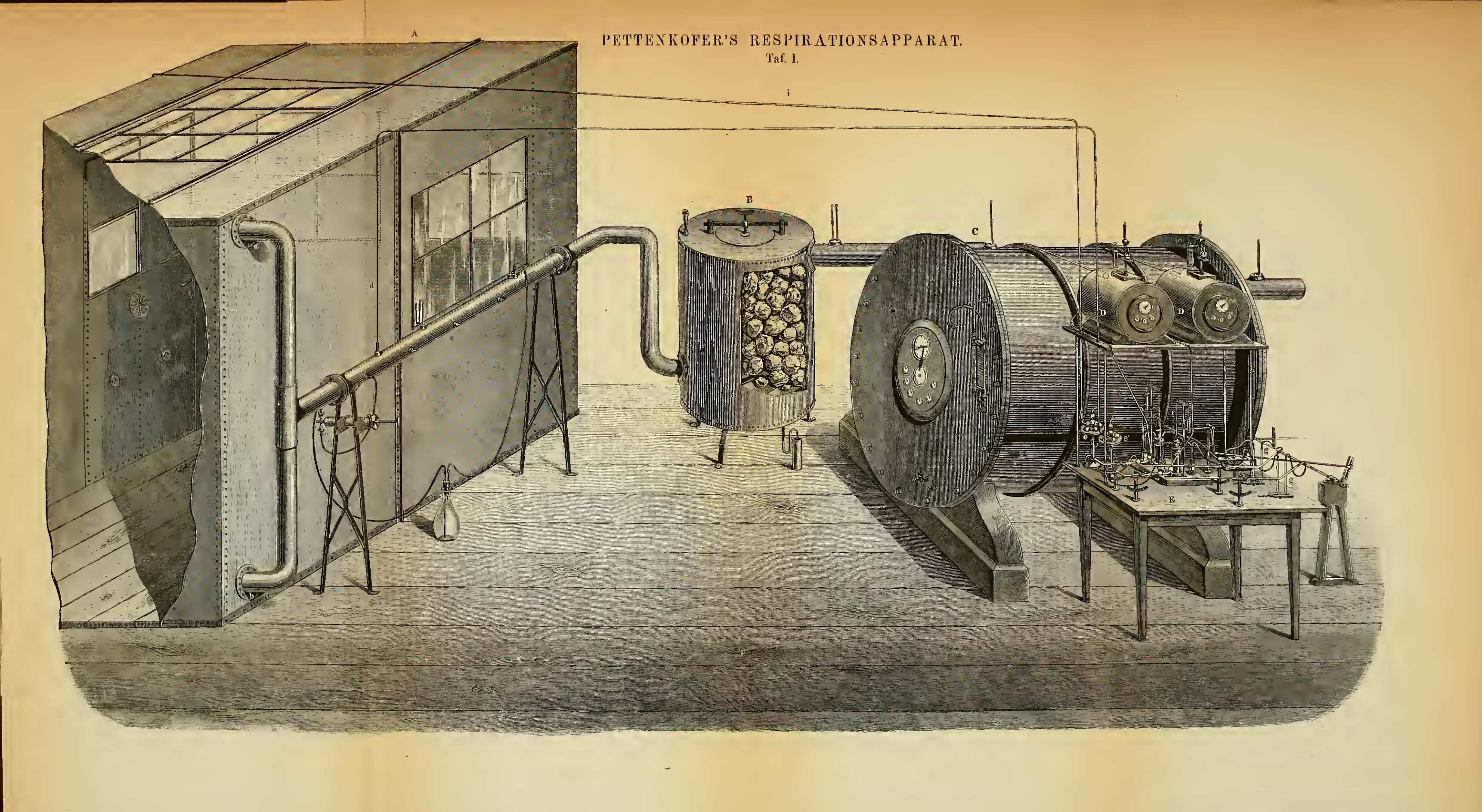


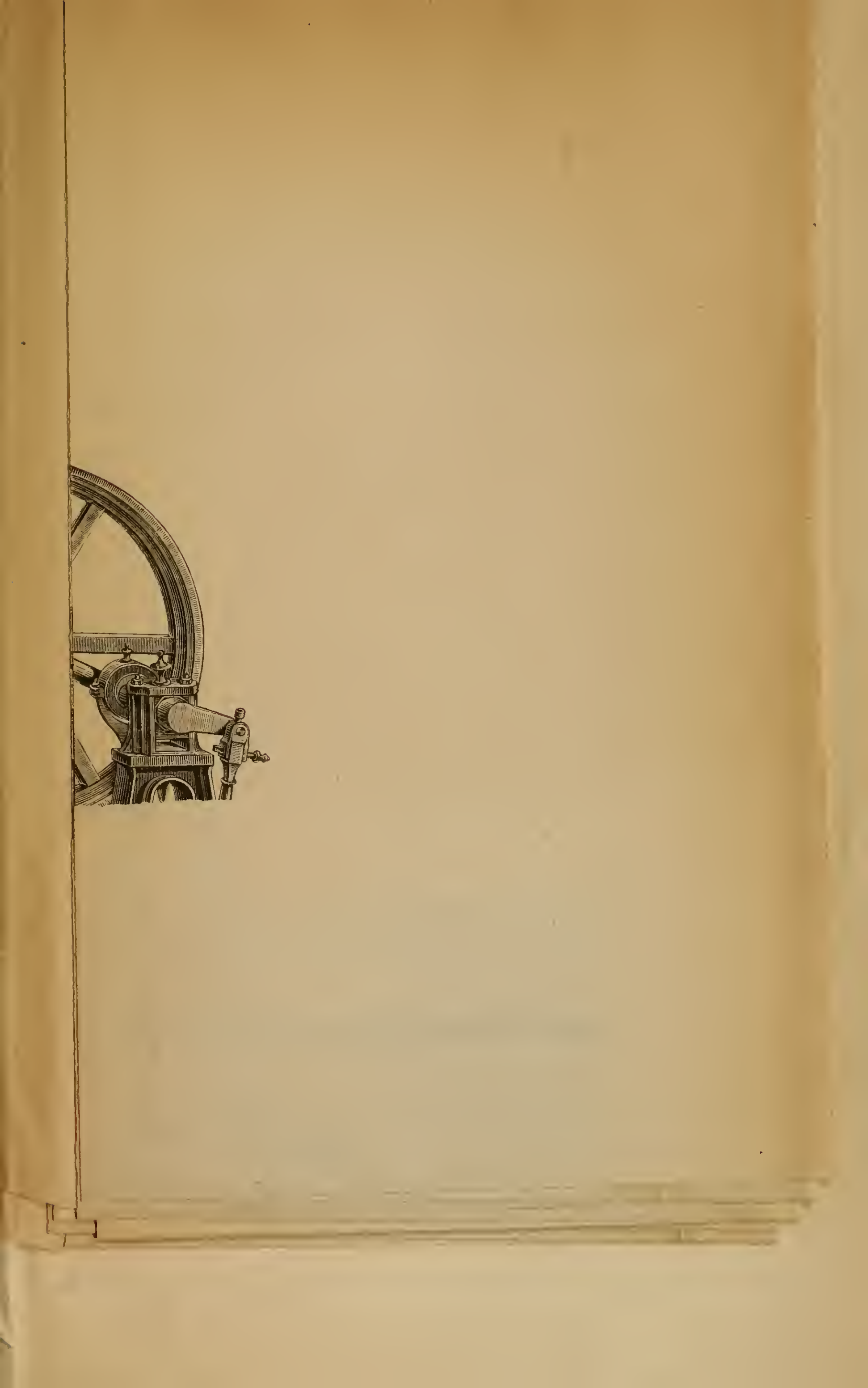


D
g

PETTENKOFER'S RESPIRATIONSAPPARAT.

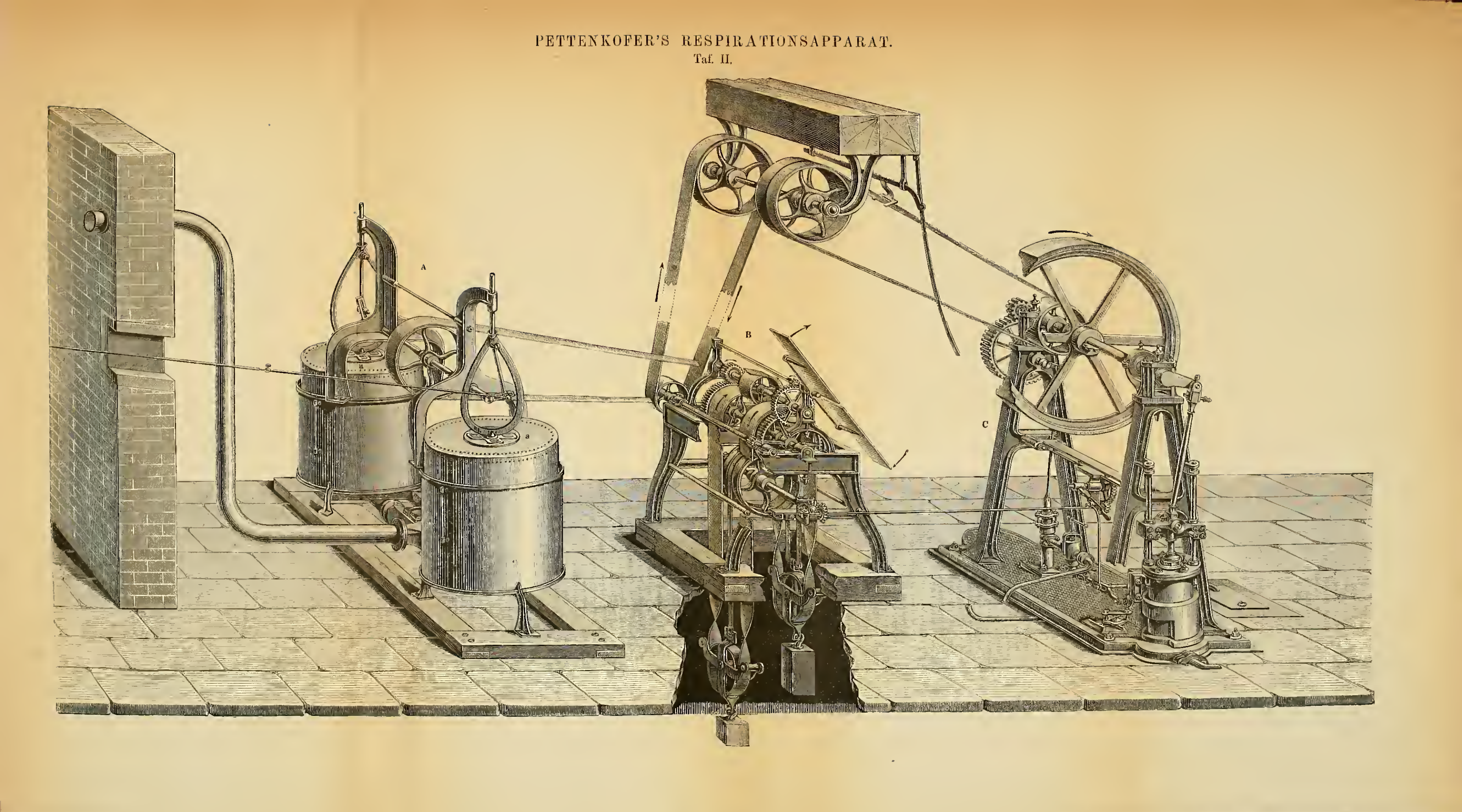
Taf. I.



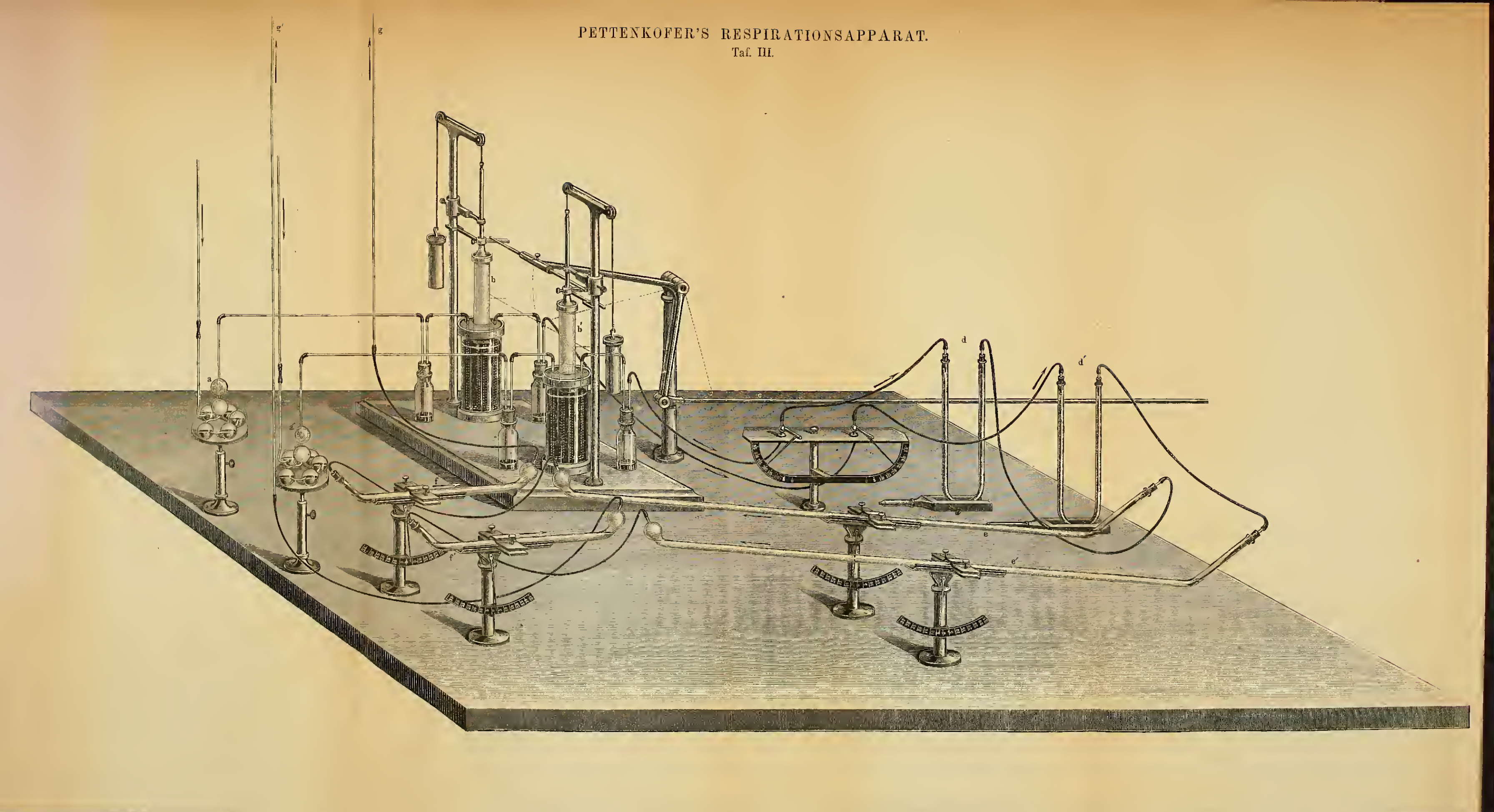


PETTENKOFER'S RESPIRATIONSAPPARAT.

Taf. II.







PETTENKOFER'S RESPIRATIONSAPPARAT.

Taf. III.







